

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HİBRİT OTOBÜS SEYİR HALİ EMİSYONLARININ  
ÖLÇÜM VE MODELLEMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Çevre Müh. Gürkan ŞENTÜRK**

**Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Şeref SOYLU**

**Haziran 2009**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HİBRİT OTOBÜS SEYİR HALİ EMİSYONLARININ  
ÖLÇÜM VE MODELLEMESİ

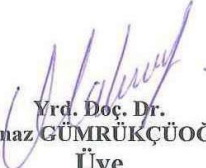
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Gürkan ŞENTÜRK

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 17 / 06 / 2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

  
Doç. Dr.  
Şeref SOYLU  
Jüri Başkanı

  
Yrd. Doç. Dr.  
Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU  
Üye

  
Yrd.Doç. Dr.  
Şenay ÇETİN  
Üye



## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xii
SUMMARY.....	xiii

### BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
------------	---

### BÖLÜM 2.

MOTORLU TAŞITLAR VE EMİSYONLARI.....	2
2.1. Dünya’da ve Türkiye’de Motorlu Taşıtlar.....	2
2.2. Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyonlar ve Emisyonların Kontrol Yöntemleri.....	3
2.2.1. Emisyon envanterlenmesi.....	3
2.2.1.1. Azot oksitler (NOx) .....	3
2.2.1.2. Partikül maddeler (PM).....	4
2.2.1.3. Karbonmonoksit (CO) .....	5
2.2.1.4. Hidrokarbonlar (HC).....	6
2.2.2. Egzoz gazı kontrol sistemleri.....	7
2.2.2.1. Seçici katalitik indirgeme.....	7
2.2.2.2. Egzoz gazı resirkülasyonu.....	7
2.2.2.3. Dizel partikül filtre .....	8
2.3. Emisyonların Ölçüm Yöntemleri.....	9

2.4. Emisyon Standratları.....	11
2.4.1. Avrupa birliği emisyon standartları.....	11
2.4.2. Emisyon standartları değerleri .....	11
2.5. Sürüş Çevrimleri.....	14
2.5.1. Avrupa sürüş çevrimleri .....	17
2.5.1.1. Yeni avrupa sürüş çevrimi(New european driving cycle) ....	17
2.5.1.2. Avrupa sabit çevrimi (European stationary cycle (ESC))....	18
2.5.1.3. Avrupa değişken çevrimi (European transient cycle).....	18
2.5.2. Uluslararası sürüş çevrimleri .....	19
2.5.2.1. World harmonized stationary çevrimi (WHSC).....	19
2.5.2.2. World harmonized transient çevrimi (WHTC).....	20
2.5.3. Amerika sürüş çevrimi (FTP-75) .....	21
2.5.4. Japon sürüş çevrimi .....	22
2.5.5. Gerçek dünya sürüş çevrimi (Real world driving cycle).....	23
2.5.5.1. Literatür çalışması 1 (Development of real-world driving cycle: case study of Pune, India) .....	24
2.5.5.2. Literatür çalışması 2 (Development of car drive cycle for simulation of emissions and fuel economy).....	27
2.5.5.3. Literatür çalışması 3 (The Artemis european driving cycles for measuring car pollutant emissions).....	30
2.5.6. Otobüsler için yapılmış sürüş çevrimleri.....	32
2.5.6.1. New York otobüs çevrimi .....	32
2.5.6.2. Manhattan otobüs çevrimi.....	33
2.5.6.3. Orange County otobüs çevrimi.....	34
2.5.6.4. Braunschweig şehri sürüş çevrimi.....	35

### BÖLÜM 3.

#### SAKARYA'DA BELEDİYE OTOBÜSLERİNİN ÇALIŞMA

KARAKTERİSTİKLERİ.....	36
3.1. Adapazarı Belediye Otobüsleri Tarihçesi .....	36
3.2. Sakarya Büyükşehir Belediye Otobüsleri .....	38

3.3. Sakarya'daki Motorlu Taşıtların Durumu.....	40
3.4. Belediye Otobüslerinin İncelenmesi.....	42
3.4.1. Emisyon envanterinin hazırlanmasında izlenen metodoloji.....	42
3.4.2. Belediye otobüslerinden kaynaklanan kirliliğe etki eden faktörler .....	45
3.4.3. Belediye otobüslerin yakıt türü.....	46
3.4.4. Otobüs kilometreleri .....	47
3.4.5. Otobüslerin seyir şekilleri .....	47
BÖLÜM 4.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	56
KAYNAKLAR.....	57
ÖZGEÇMİŞ .....	59

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

CO <sub>2</sub>	: Karbon dioksit
H <sub>2</sub> O	: Su
N <sub>2</sub>	: Azot
HC	: Hidrokarbon
NO <sub>x</sub>	:Azot oksitler
PM	: Partikül madde
CO	: Karbon monoksit
SO <sub>2</sub>	: Kükürt dioksit
Pb	: Kurşun
O <sub>2</sub>	: Oksijen
NO	: Azot monoksit
NO <sub>2</sub>	: Azot dioksit
SO <sub>3</sub>	: Kükürt trioksit
CH <sub>4</sub>	: Metan
HY	: Hava- yakıt
VOC	: Uçucu organik karbon
HFK	: Hava fazlalık katsayısı
SO <sub>x</sub>	: Sülfür oksitler
EPA	: Avrupa Çevre Ajansı
NH <sub>3</sub>	: Amonyak
SCR	: Seçici katalitik indirgeme
EGR	: Egzoz gazı resirkilasyonu
DPF	: Dizel partikül filtre
ESC	: Avrupa Sabit Çevrimi
ETC	: Avrupa Değişken Çevrimi
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
NEDC	: Yeni Avrupa Sürüş Çevrimi
ECE 15	: NEDC'de şehir içi kısım

EUDC	: NEDC’de şehir dışı kısım
EU	: Avrupa Birliği
FTP 75	:Amerika Sürüş Çevrimi
WHSC	: World Harmonized Stationary Cycle
WHTC	: World Harmonized Transient Cycle

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	PM emisyonlarının yapısı.....	5
Şekil 2.2.	EGR çalışma prensibi.....	8
Şekil 2.3.	Laboratuvar emisyon ölçüm yöntemi.....	9
Şekil 2.4.	NEDC sürüş çevrimi .....	10
Şekil 2.5.	Avrupa Sabit Çevrimi (ESC) .....	10
Şekil 2.6.	Avrupa Değişken Çevrimi (ETC) .....	11
Şekil 2.7.	Ağır ticari araçları için NO <sub>x</sub> ve PM’de Uluslararası emisyon değişimi	13
Şekil 2.8.	Euro Standartları Çerçevesinde NO <sub>x</sub> ve PM Değişimleri.....	13
Şekil 2.9.	Eşdeğer Ağır Dizel Araç Emisyonları.....	14
Şekil 2.10.	NEDC sürüş çevrimi .....	17
Şekil 2.11.	Avrupa Sabit Çevrimi (ESC) .....	18
Şekil 2.12.	Avrupa Değişken Çevrimi (ETC) .....	19
Şekil 2.13.	World Harmonized Transient Cycle (WHTC).....	21
Şekil 2.14.	FTP-75 Çevrimi .....	22
Şekil 2.15.	Japon 10-15 Mode Çevrimi .....	23
Şekil 2.16.	Sürüş çevrimlerinin geliştirilmesi akış şeması.....	24
Şekil 2.17.	Micro-triplerin birleştirilmesi .....	25
Şekil 2.18.	Sürüş Çevrimi için seçilen parametreler.....	26
Şekil 2.19.	Sürüş Çevrimi için yapılan ölçümlerin Hız-İvme Dağılımları .....	26
Şekil 2.21.	TEH – CAR ve ECE Çevriminin Karşılaştırması.....	29
Şekil 2.20.	TEH – CAR Sürüş Çevrimi .....	29
Şekil 2.22.	ARTEMIS Hız- İvme- Zaman Histogramı.....	30
Şekil 2.23.	ARTEMIS Çevriminde Belirlenen Trafik Durumları.....	31
Şekil 2.24.	ARTEMIS Sürüş Çevrimleri .....	32
Şekil 2.25.	NYBus Sürüş Çevrimi.....	33
Şekil 2.26.	Manhattan Sürüş Çevrimi.....	34

Şekil 2.27.	Orange County Sürüş Çevrimi.....	34
Şekil 2.28.	Braunschweig Sürüş Çevrimi .....	35
Şekil 3.1.	Sakarya’da ilk belediye otobüsleri.....	37
Şekil 3.2.	Sakarya’da Yeni Otobüsler.....	38
Şekil 3.3.	Sakarya’da Eski Otobüsler .....	39
Şekil 3.4.	Sakarya’da İveco Marka Otobüsler.....	39
Şekil 3.5.	Sakarya’da Otobüs Durakları.....	40

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Motorlu Taşıt Sayısı (Milyon Adet).....	3
Tablo 2.2.	NEDC parametreleri.....	9
Tablo 2.3.	Hafif-ticari araçlar için EURO standartları .....	12
Tablo 2.4.	Ağır-ticari araçlar için EURO standartları .....	12
Tablo 2.5.	NEDC parametreleri.....	17
Tablo 2.6.	World Harmonized Stationary Cycle (WHSC) .....	20
Tablo 2.7.	TEH – CAR Çevriminin diğer çevrimler ile karşılaştırılması .....	29
Tablo 2.8.	ARTEMIS Çevriminde Geliştirilen Temsilci Yolların Özellikleri.....	31
Tablo 3.1.	Sakarya karayolu taşıt istatistikleri .....	41
Tablo 3.2.	Sakarya Karayolu Taşıt İstatistikleri.....	41
Tablo 3.3.	Sakarya'daki Tüm Belediye Otobüsü Güzergâhları .....	44
Tablo 3.4.	Seçilen Güzergâhlara Ait Otobüs Aktiviteleri.....	45
Tablo 3.5.	Güzergâhlara Göre Otobüs Kilometreleri .....	47
Tablo 3.6.	Otobüslere Ait Ortalama ve Maksimum Hız Verileri.....	48
Tablo 3.7.	Otobüslere Ait Hızlanma, Yavaşlama ve Sabit Hız Süreleri.....	48
Tablo 3.8.	Güzergâhlara Göre Yakıt Sarfıyatının Bulunması.....	49
Tablo 3.9.	Toplam Yakıt Sarfıyatının Bulunması .....	50
Tablo 3.10.	İvmelenmeden Kaynaklanan Yakıt Sarfıyatı ile Toplam Yakıt Sarfıyatının Kıyaslanması.....	51
Tablo 3.11.	İvmelenmeden Kaynaklı Tasarruf Edilebilen Yakıt Sarfıyatının Toplam Yakıt Sarfıyatına Oranı.....	51
Tablo 3.12.	İvmelenmeden Kaynaklanan Tasarruf Edilebilir Yakıt Sarfıyatından Kaynaklı Emisyon Faktörleri.....	52
Tablo 3.13.	Toplam Yakıt Sarfıyatından Kaynaklanan Emisyon Miktarları.....	53
Tablo 3.14.	İvmelenmeden ve Toplam Yakıt Sarfıyatından Kaynaklanan NOx Emisyonların Karşılaştırılması.....	54
Tablo 3.15.	İvmelenmeden ve Toplam Yakıt Sarfıyatından Kaynaklanan PM Emisyonların Karşılaştırılması.....	54



Tablo 3.16. İvmelenmeden Kaynaklı Tasarruf Edilebilir Yakıt NO<sub>x</sub>-PM Oranları.55

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Sürüş Çevrimi, Hibrit Otobüs, Emisyon, Yakıt Tüketimi,

“HİBRİT OTOBÜS SEYİR HALİ EMİSYONLARININ ÖLÇÜM VE MODELLENMESİ” San-Tez Projesi kapsamında yürütülen bu çalışmada belediye otobüslerinden kaynaklanan seyir hali emisyonlarının ve yakıt tüketiminin belirlenmesi için sürüş çevrimlerinin geliştirilmesi araştırılmıştır.

Sürüş çevrimleri, taşıtların yakıt ekonomisi ile birlikte egzoz emisyon miktarlarının belli bir kritere göre verilebilmesi ve bu yönden kıyaslanabilmesi amacıyla düşünülmüş deneylerdir.

Yurtdışında kullanılan sürüş çevrimlerinin incelenmesi neticesinde çevrimlerin nasıl geliştiği, ne amaçla yapıldıkları ve sonuç olarak yakıt tüketimi ve egzoz emisyonlarının gelişimi için gerekli oldukları belirlenmiştir. Aynı zamanda otobüslerin seyir halindeki özellikleri incelenerek enerji kayıpları hesaplanmıştır. İncelemeler sonucu bölgeden bölgeye farklı trafik durumları gözlenmiştir. Türkiye’de belediye otobüsü sürüş çevrimi oluşturulması için literatür araştırması yapılarak uygun yöntem belirlenmiştir.

## **HYBRID BUS DRIVING EMISSIONS MEASURING AND MODELING**

### **SUMMARY**

Key Words: Driving Cycle, Hybrid Bus, Emission, Fuel Consumption

In this study, driving cycles for examination of urban city bus emissions and fuel consumption were searched. This study was completed as a part of the SAN-TEZ project which entitled “Measurement and modeling of real world emissions of hybrid city busses”.

Driving cycles were considered to be standardized tests to determine and compare fuel consumptions and exhaust emissions of vehicles.

As a results of reviewing literature about driving cycles which are used in other countries, how driving cycles are developed, what does it for and as a result of these, driving cycles are useful for determine the fuel consumption and measureing the exhaust emissions. At the same time, urban city bus traffic activities were examined and the energy losses associated with frequent acceleration and deceleration were calculated. As a result of the examination the energy loss difference from region to region were observed. Literature has been reviewed as a proper method to establish municipal bus driving cycle in Turkey.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Motorlu araçların kullanmış olduğu fosil yakıtlar sonucu çevre ve insan sağlığı açısından zararlı emisyonlar oluşmaktadır. Bu oluşan emisyonların hava kalitesine etkilerini sınırlamak için standartlar bulunmaktadır. Bu standartlara ulaşmada birçok emisyon giderme yöntemi mevcuttur.

Sakarya genelinde 2007 kayıtlarına göre toplam 151399 Motorlu taşıt ve 2847 Otobüs bulunmaktadır. Sakarya Emniyet Müdürlüğü Trafik Şubesi verilerine göre her geçen gün sayıları artmaktadır. Bu çalışmada kaynak olarak 72 adet belediye otobüsü arasından temsil edici nitelikte seçilen 10 güzergâhta çalışan 18 belediye otobüsü hava kalitesi açısından incelenmiştir.

Bu çalışmamızda şehir içindeki toplu taşımacılıkta kullanılan konvansiyonel otobüslerden kaynaklanan kirliliğin belirlenmesindeki metod olarak otobüslerin sürüş çevrimleri için gerekli olan parametreler kayıt altına alınmış ve daha sonra Sakarya Otobüs Sürüş Çevrimi yapılabilmesi için bir ön çalışma yapılmıştır. Öncelikle otobüslerin modelleri, motor hacimleri, yakıt türleri, beygir güçleri, seyir şekilleri, Euro normları incelenmiş ve bunlarla ilgili istatistiksel verilere ulaşılmıştır.

Yapılan bu çalışmalardan sonra Adapazarı şehir içi ulaşımında kullanılan otobüslerden kaynaklanan yakıt sarfiyatı, ivmelenmeden kaynaklanan yakıt sarfiyatı ve emisyonların yakıtla bağlı oluşumu analiz edilmiştir ve bu taşıtlar için emisyon envanteri oluşturulmuştur. Belirlenen emisyonların anlaşılabilmesi için ise emisyonların oluşum mekanizmaları, egzoz giderim ve egzoz ölçüm yöntemleri ayrıntılı şekilde incelenmiştir.

## **BÖLÜM 2. MOTORLU TAŞITLAR VE EMİSYONLARI**

İçinden çıkılmaz trafik sıkışıklığı, çözülmez park sorunu ve yok edilen temiz hava gibi olumsuzluklara yol açmasına rağmen 20. yüzyıldan itibaren günlük hayatın vazgeçilmezleri arasına giren motorlu taşıtlara, her yıl milyonlarca ekleniyor.

### **2.1. Dünya’da ve Türkiye’de Motorlu Taşıtlar**

BM ve IMF verilerine göre Dünya' da 2002 yılında 751 milyon olan motorlu taşıt sayısı 2010 yılına kadar 188 milyon adet artışla 939 milyon adede, 2020 yılında 1 milyar 225 milyon, 2030 yılında ise 1 milyar 660 milyon adede çıkacak. Yani Dünya' da ki taşıt stokuna 2010 yılına kadar her yıl ortalama 23,5 milyon adet motorlu taşıt eklenecek. 2030 yılına gelindiğinde Dünya'da en çok motorlu taşıt Çin'de olacak. Çin'de 21 milyon olan motorlu taşıt sayısı, 2010 yılında 80 milyon adede, 2020'de 209 milyon adede ulaşacak. Çin'de 2030 yılında 387 milyon adet motorlu taşıt bulunacak. Çin, böylece ABD'yi geçecek ve bu ülkenin önünde Dünya genelinde ilk sırayı alacak. Ayrıca; İtalya' da 2020 yılı ile 2030 yılı arasında bir artışın olmayacağı belirtiliyor [1].

Türkiye'de ise 2002 Ağustos ayı itibariyle 10 milyon 700 bin adet, 2005 yılında 11 milyon 145 bin 826 adet, 2006 yılında ise 12 milyon 227 bin 393 bin adet olan motorlu araç sayısının, 2010 yılında 15 milyon, 2020'de 29 milyon, 2030 yılında ise 56 milyon adet olması tahmin ediliyor [1].

2009 Ocak ayında 59 281 adet taşıtın trafiğe kaydı yapılmış, 6 765 adet taşıtın ise trafikten kaydı silinmiştir. Böylece trafikteki toplam artan araç sayısı 52 516 olmuştur. Ocak ayı sonu itibariyle trafiğe kayıtlı toplam 13 817 911 adet taşıtın % 49,4'ünü otomobil, % 15,8'ini motosiklet, % 15,1'ini kamyonet, % 9,8'ini traktör, % 5,4'ünü kamyon, % 2,8'ini minibüs, % 1,4'ünü otobüs, % 0,3'ünü ise özel amaçlı taşıtlar oluşturmaktadır [2].

Tablo 2.1. Motorlu Taşıt Sayısı (Milyon Adet)

	2002	2010	2020	2030
Dünya	751	939	1.225	1.660
OECD Ülkeleri	625	720	827	920
ABD	234	260	288	312
Japonya	76	87	95	96
Almanya	48	54		60
İtalya	37	39	41	41
Fransa	35	40	46	50
İngiltere	31			50
Çin	21	80	209	387
Kore	14			36
Avustralya	12			19
Türkiye	8.6	15	29	56.5

## 2.2. Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyonlar ve Emisyonların Kontrol Yöntemleri

### 2.2.1. Emisyon envanterlenmesi

Dizel motorlarında yanma sonucu ortaya çıkan istenmeyen egzoz maddeleri şöyle sıralanabilir.

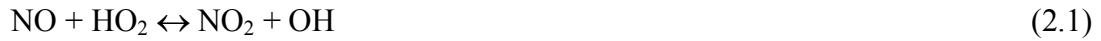
- Azot oksitler (NO<sub>x</sub>)
- Partikül madde (PM)
- Karbonmonoksit (CO)
- Hidrokarbonlar (HC)

#### 2.2.1.1. Azot oksitler (NO<sub>x</sub>)

Yanma sonucu ulaşılan yüksek sıcaklıklarda havanın içersindeki azotun oksijen ile birleşmesi sonucu azot oksitler oluşur. NO<sub>x</sub> içerisinde ana eleman olarak genellikle NO bulunmaktadır. Egzoz gazlarının daha sonra atmosfere atılması sonucu oksijen ile temasında, NO'nin bir kısmı NO<sub>2</sub>'ye dönüşmektedir. NO , NO<sub>2</sub> ve...NO<sub>n</sub> bir arada

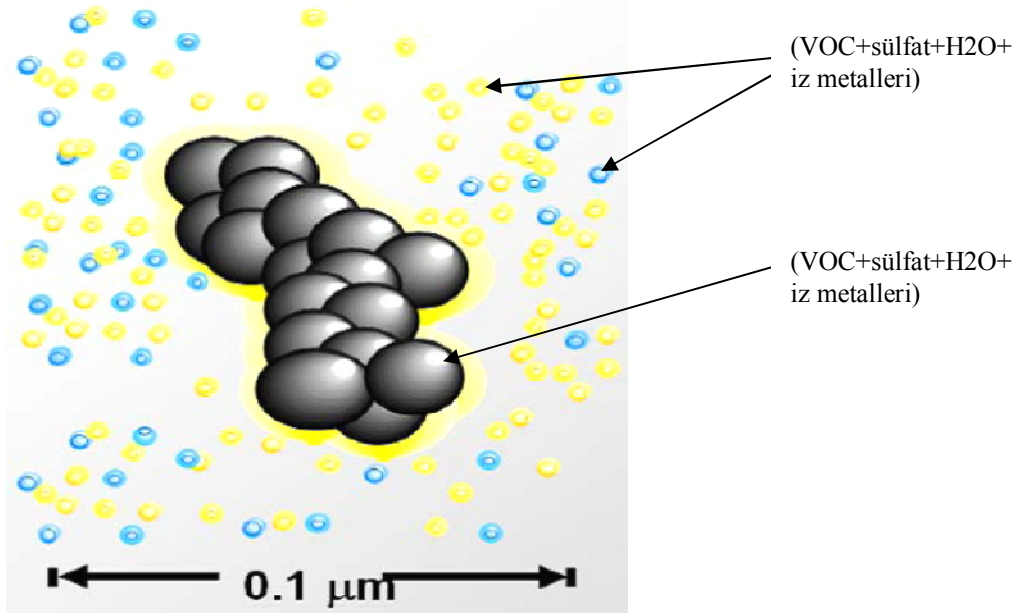
toplanarak NO<sub>x</sub>'leri oluşturmaktadır. Motorlarda NO ve NO<sub>2</sub> NO<sub>x</sub>'in baskın bileşenlerindedir. Bu iki kirletici maddenin arasında bazı ayırt edici farklar vardır. NO<sub>2</sub>, keskin kokulu bir kırmızımsı-kahve gaz olurken NO, renksiz ve kokusuz bir gazdır, Her iki gaz, zehirli olduğu düşünülür ama NO<sub>2</sub>'nin, zehirlilik düzeyi NO'dan 5 kat daha büyüktür. Bu bakımdan NO<sub>x</sub> oluşumunu etkileyen iki önemli parametre yanma odası sıcaklığı ve yakıt\hava oranıdır [3].

NO<sub>x</sub> oluşumu aynı zamanda oksijen miktarına da bağlıdır. Bu nedenle zengin karışımlarda NO seviyesi düşmektedir. Maksimum değer ise %10 fakir karışımlarda ulaşılmaktadır. Karışımın hava miktarı daha da arttırıldığı zaman yanma sıcaklıkları da düşeceği için NO miktarı birlikte azalacaktır. Azot oksit oluşumunu tamamlayan ana denklem;  $N_2 + O_2 \leftrightarrow 2NO$  şeklinde Eyzat ve Guibet tarafından tanımlanmıştır. Alev bölgesinde oluşan NO oksijenle birleşerek aşağıdaki reaksiyonla atmosferde NO<sub>2</sub>'ye dönüşecektir. Kahverengi ve kokulu olan NO<sub>2</sub> akciğer dokusunda hasara ve felce neden olur [4].



### 2.2.1.2. Partikül maddeler (PM)

Dizel motorunda hem karışım hem de yakıt cinsi PM oluşumuna sebep olmaktadır. Oksijence fakir ortamda bulunan yakıt moleküllerinin ısı parçalanması özellikle hidrojenlerin kolayca oksitlenmesi, karbonların ise oksitlenmeden ortamda çoğalmasında partikül maddenin çekirdeğini oluşturan is oluşmaktadır. Şekil 2.1'de görüldüğü gibi PM yapısı incelendiğinde oluşan is tabakasının etrafında VOC, sülfat, H<sub>2</sub>O ve iz metaller gibi bileşiklerin bulunduğu görülmektedir [5].



Şekil 2.1. PM emisyonlarının yapısı [5]

Partiküller çapları bakımından tehlike sınıflandırmasını oluşturmaktadırlar. Yani partikül çapı küçüldükçe çevresel ve sağlık açısından tehdidi de büyümektedir. PM, dizel motorlarda düşük kükürlü yakıt kullanılması ve yakıt enjeksiyon sisteminin optimizasyonu ile büyük ölçüde azaltılabilmektedir [5].

### 2.2.1.3. Karbonmonoksit (CO)

Ortalama atmosferik ömrü yaklaşık 2,5 ay olan, kokusuz, renksiz, tatsız bir gazdır.[6],[7] Havada %3 sınır değerinde ölçülür. Atmosferde kendiliğinden havanın oksijeni ile birleşerek karbondioksite dönüşür.

Yanma ürünleri arasında CO bulunmasının ana nedeni oksijenin yetersiz olmasıdır. Oksijen genel olarak yetersiz olabileceği gibi, yerel olarak da yetersiz olabilir. Temel olarak CO oluşumu Hava Fazlalık Katsayısı(HFK)'nın bir fonksiyonu olarak değişmektedir. Dizel motorlarda genellikle fakir karışım oranları ile çalıştığında CO emisyonu düşük olmaktadır. Yakıt demetinin civarında yanmanın gerçekleştiği bölgede karışım yerel olarak zengindir. Ancak genelde karışımın fakir olması CO emisyonun düşük düzeylerde kalmasını sağlamaktadır. Fakir veya stokiyometrik karışımlarda egzoz gazları içerisindeki CO miktarı daha az olurken zengin karışımlarda soğuk egzoz gazları içerisinde bile O<sub>2</sub> yetersizliği nedeni ile yüksek miktarda CO bulunmaktadır.





şeklinde tanımlanan bu denge reaksiyonu sıcaklığa bağlı olarak oluşmaktadır. CO, kanda oksijeni bağlayan ve dokulara taşıyan hemoglobin ile kalıcı bileşikler oluşturur. Bunun sonucunda kanın dokulara oksijen taşıma kapasitesi azalır. Kandaki hemoglobinin %7-10'unun oksijen taşımaz hale gelmesiyle baş ağrısı, baş dönmesi, kuvvet kayıpları, titreme, yüz ve vücut şişmesi, adale sertliği gibi hafif belirtiler, %60'ı aşması ile de koma, kan dolaşımı aksaklıkları, hatta nefesin kesilmesi sonucunda ölüm meydana gelmektedir [7].

#### 2.2.1.4. Hidrokarbonlar (HC)

Karışımın zengin veya fakir olması HC emisyonunu etkilemektedir. HFK'nın 1,1 değeri civarında HC'lar minimumdan geçerek bu değer her iki yanında da artış göstermektedir. HFK'nın büyük olması durumunda yanma odası sıcaklığı düşeceği için tam yanma olmaz ve HC'lar artar. Karışımın zengin olması durumunda ise yeterli oksijen bulunmadığı için yakıtın tümü yanamaz ve tekrar HC'lar artış gösterir.

Hidrokarbonların yanmasında alev cephesinin arkasında ölçülebilir HC konsantrasyonu görülmektedir. Motordaki HC emisyonu daha ziyade tam yanma olmayan bölgelerden oluşmaktadır. HC emisyonu motor yükü ve hızına doğrudan bağlı değildir. Daha çok enjeksiyon sistemine ve yanma odası geometrisine bağlıdır. Dizel motorlarının egzoz borusundaki, sıcaklık ve oksijen konsantrasyonunun yeterli olduğu hallerde HC'lar oksidasyonlarını devam ettirmektedir.

Hidrokarbonlar, çok çeşitli organik kimyasal maddeler içerse de, normal atmosfer miktarlarında toksin etkiye sahip bulunmamaktadır. Ancak havadaki diğer kirleticilerin birbirleri arasındaki reaksiyonlarda rol oynamaları nedeniyle kirletici olarak önem kazanmaktadır. Motorlu araçların yoğun olduğu bölgelerde hidrokarbon miktarlarında önemli artışlar olmaktadır [8].

### 2.2.2. Egzoz gazı kontrol sistemleri

2008 yılında kabul edilen Euro 5 standartlarında bulunan NO<sub>x</sub> için 2 g/kwh ve PM için 0.02 g/kWh değerlerinin karşılanabilmesi için yalnız motor yönetim sistemleri veya yanma sistemlerinin geliştirilmesi yeterli değildir ve aşağıda incelenen egzoz emisyon kontrol sistemleri kullanılmalıdır [9].

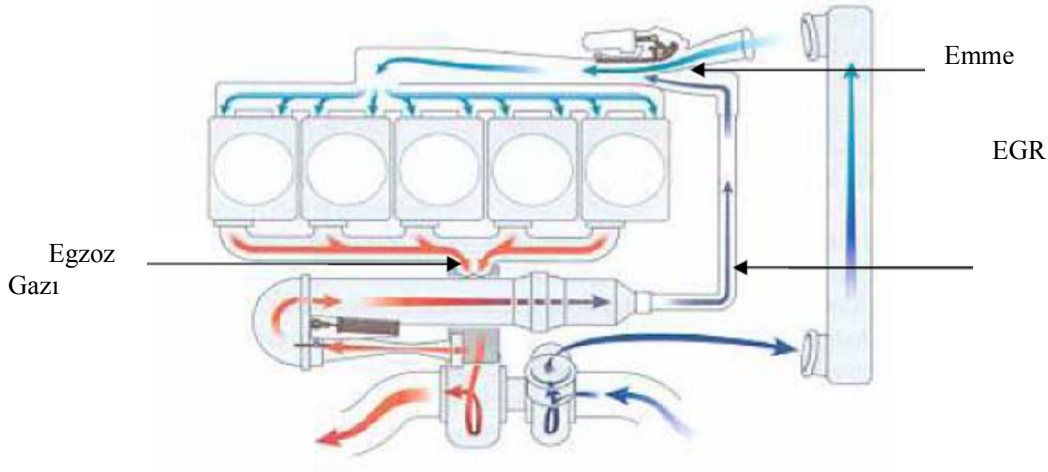
#### 2.2.2.1. Seçici katalitik indirgeme

SCR çalışma prensibi genel olarak; bir indirgeyici katalizörden egzoz akışına karşı enjekte edilmektedir. Katalizörde azot oksitler (NO<sub>x</sub>), enjekte edilen indirgeyici tarafından oluşan amonyak (NH<sub>3</sub>) ile azot (N<sub>2</sub>) ve suya (H<sub>2</sub>O) indirgenmektedir. NH<sub>3</sub>, yüksek sıcaklıklarda üreden ve hidroliz ile oluşturulur [9].

#### 2.2.2.2. Egzoz gazı resirkülasyonu

Yanma sırasında oluşan NO<sub>x</sub> miktarı büyük ölçüde sıcaklığa bağlıdır. Yanma odası içindeki karışımın egzoz gazları ile seyreltilmesi sonucu maksimum yanma sıcaklıkları, dolayısıyla üretilen NO<sub>x</sub> miktarı azalmaktadır.

EGR sisteminde egzoz gazının bir bölümü, Şekil 2.1'de görüldüğü gibi silindire tekrar gönderildiğinde egzoz gazı seyreltici olarak görev yapar. Bu yanma zamanında O<sub>2</sub> konsantrasyonunu azaltır. Oksijen konsantrasyon değişikliği alevin yapısını da değiştirir ve bu yüzden yanmanın süresi ve sıcaklığı değişir. Ayrıca yanma odasındaki gazların özgül ısı kapasitesini yükselterek maksimum gaz sıcaklığını düşürmektedir. Bu durum yakıt ve oksijen moleküllerinin buluşup reaksiyona girme ihtimalini azaltır. Buna bağlı olarak reaksiyon hızı ve lokal alev sıcaklığı düşerek, NO<sub>x</sub> oluşumunun azalmasına sebep olacaktır [10].



Şekil 2.2.2. EGR çalışma prensibi

### 2.2.2.3. Dizel partikül filtre

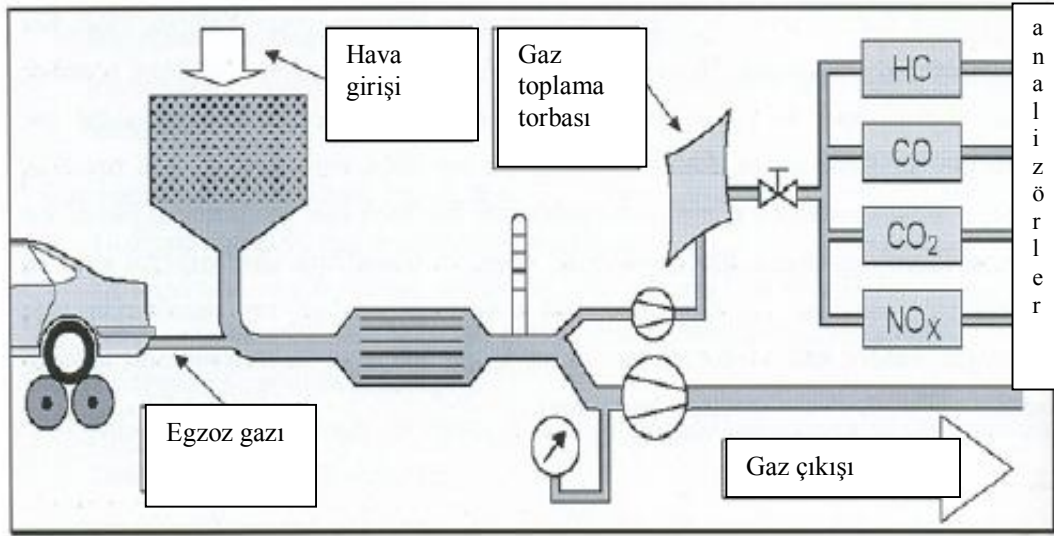
Dizel motorlarda NO<sub>x</sub> emisyonlarını minimize edecek yakıt enjeksiyon kontrol stratejisi maalesef ki partikül madde (PM) emisyonunu arttırmaktadır.

PM oluşumu motorunun yük durumuna göre değişen yanma odasında bölgesel HFK'nın bir fonksiyonudur ve maksimum motor gücünü sınırlayabilmektedir. Genelde PM oluşumu dizel motorlarda yanmanın bir safhasıdır. Bu nedenle başlangıçta oluşan karbonun büyük bir kısmı tekrar yanmaktadır. Ancak gücü arttırmak amacı ile yanma odasına fazla miktarda yakıt gönderildiğinde, yeterli oksijen bulunmadığı için egzoz gazları içerisinde bir miktar PM bulunacaktır.

PM motor yağının aktivitesini düşürmektedir. Son derece aşındırıcı özelliğe sahip olan PM motorda yıpranmaya bağlı kalıcı hasarlar oluşturmaktadır. Bu parçacıklar çok küçük olduğu takdirde birbirine yapışarak büyümekte ve yağın kaydırıcı özelliğini engellemektedir [11].

Ayrıca akciğerlerimize kadar girebilen 10 µm.'nin altındaki PM solunum sisteminde birikerek ciddi sağlık problemlerine yol açabilirler. DPF egzoz gazındaki PM'i oksitleyerek dışarı atılmasını engelleyen ve azaltılmasını sağlayan en etkin çözümdür.

### 2.3. Emisyonların Ölçüm Yöntemleri

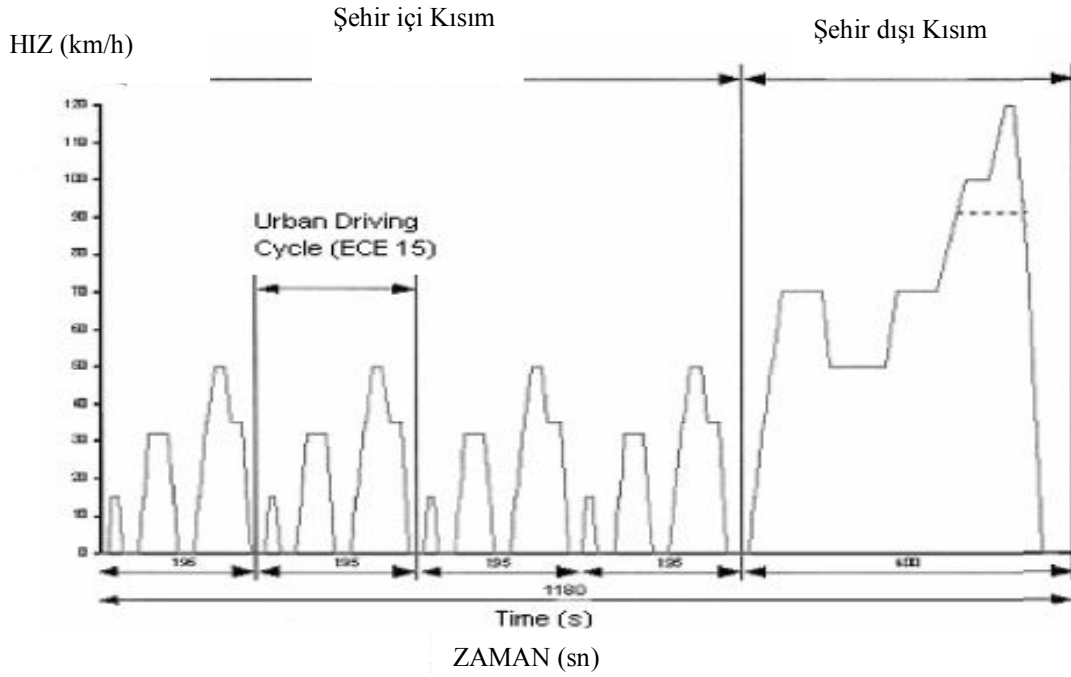


Şekil 2.3. Laboratuar emisyon ölçüm yöntemi

Bu ölçüm sisteminde kullanılan çevrim ise Yeni Avrupa Sürüş Çevrimi (NEDC) dir. NEDC Şekil 2.4.'de görüldüğü gibi şehir içi sürüş çevrimi ve şehir dışı sürüş çevrimlerinin bir araya getirilmesiyle oluşmaktadır [12].

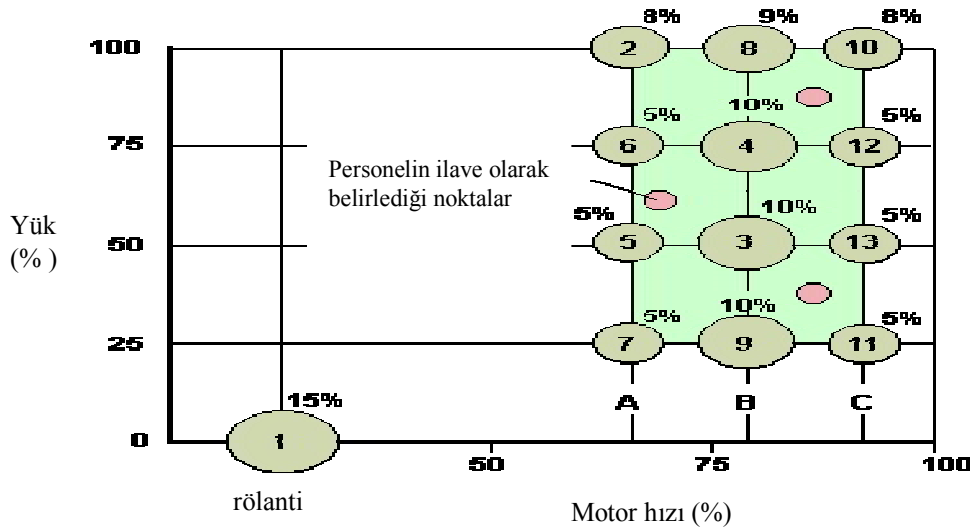
Tablo 2.2. NEDC parametreleri

Parametreler	Birimler	ECE 15	EUDC
Uzunluk	Km	$4 \times 1.013 = 4.052$	6.955
Süre	S	$4 \times 195 = 780$	400
Ortalama hız	km/h	18.7 (rölanti ile)	62.6
Maximum hız	km/h	50	120



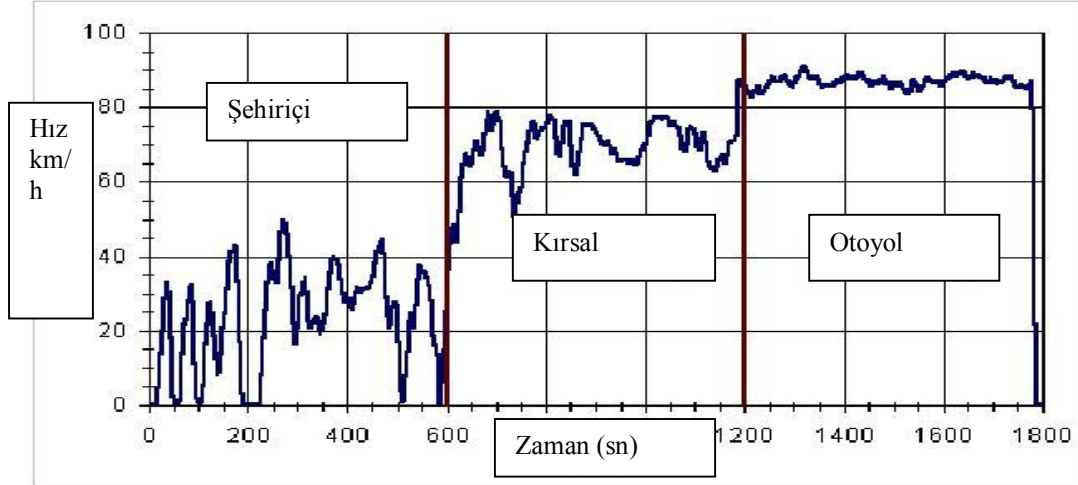
Şekil 2.4. NEDC sürüş çevrimi

Ağır Ticari Araçlarda kullanılan tip testlerinde ise ağır ticari araçların motorları kullanılarak motor dinamometresinde yapılan testlerdir. Bu testlerde kullanılan 2 farklı çevrim bulunmaktadır. Bu çevrimin ilki Avrupa Sabit Çevrimi (ESC) diğeri ise Avrupa Değişken Çevrimi (ETC) dir. ESC’de motorun yük durumu ve hızı dikkate alınarak Şekil’de görüldüğü gibi 13 farklı bölgeden farklı miktarda emisyonlar ölçülerek toplam emisyon miktarı belirlenmektedir [12].



Şekil 2.5. Avrupa Sabit Çevrimi (ESC)

ETC ise Almanya'nın Aachen kentinde gerçek sürüş ölçümleri toplanarak ağır vasıtaların sürüş çevrimi gösterilmektedir. Şekil 2.6'da görüldüğü gibi çevrim 3 kısımdan meydana gelmektedir: İlki hızın maksimum 50 km/h olduğu şehir içi trafiği yansıtan kısım, diğeri ortalama hızın 72 km/h olduğu kırsal kesim ve sonuncusu ise ortalama hızın 88 km/h olduğu otoyol kısmıdır [12].



Şekil 2.6. Avrupa Değişken Çevrimi (ETC)

## 2.4. Emisyon Standratları

### 2.4.1. Avrupa birliği emisyon standartları

Dizel ya da benzinli ağır vasıta, hafif ticari araç ve otomobiller için Avrupa Birliği tarafından ayrı ayrı belirlenmiş emisyon değerleri kabul edilmiş tarihinin göre euro 1, euro 2, euro 3, euro 4 şeklinde sıralanır. Avrupa Birliği ülkelerinde trafikteki tüm araçların sınıflarına ve hafif ticari araçlar için ayrıca ağırlıklarına göre egzozlarından dışarı atabilecekleri karbonmonoksit (CO), hidrokarbon (HC), azot oksitler (NO<sub>x</sub>) ve dizel araçlar için ayrıca partikül madde (PM) miktarını kilometre başına gram (g/km) biriminden belirler. Ayrıca mazot ve benzinin, başta kükürt olmak üzere, içeriğindeki maddelerin üst miktarını tanımlar.

### 2.4.2. Emisyon standartları değerleri

Birçok ülkede dizel yakıtlı ticari araçlar için emisyon standartları genellikle, 'Euro' standardı olarak temel alınır. EU ülkelerindeki bugünkü emisyon standartları Euro5 kadar ulaşmaktadır. Standart ile izin verilen kritik değerler, Aşağıdaki tablolarda özetlenmektedir [13].

Tablo 2.3. Hafif-ticari araçlar için EURO standartları

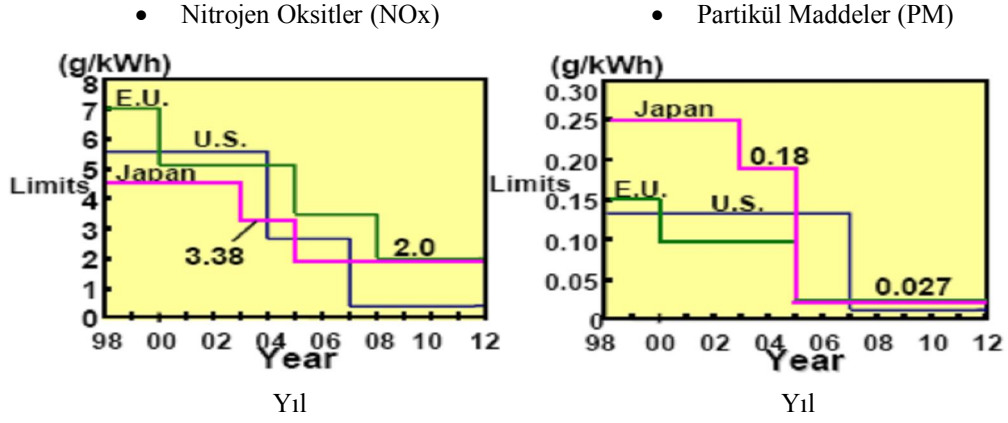
<b>Hafif</b>				
<b>Ticari</b>	<b>PM (mg/km)</b>	<b>NO<sub>x</sub> (g/km)</b>	<b>HC (g/km)</b>	<b>HC+NO<sub>x</sub> (g/km)</b>
<b>Araçlar</b>				
<b>Euro 1</b>	140	-	-	0.97
<b>Euro 2</b>	80/100	-	-	0.7/0.9
<b>Euro 3</b>	50	0.50	-	0.56
<b>Euro 4</b>	25	0.25	-	0.30
<b>Euro 5</b>	2.5	0.08	0.05	-

Tablo 2.4. Ağır-ticari araçlar için EURO standartları

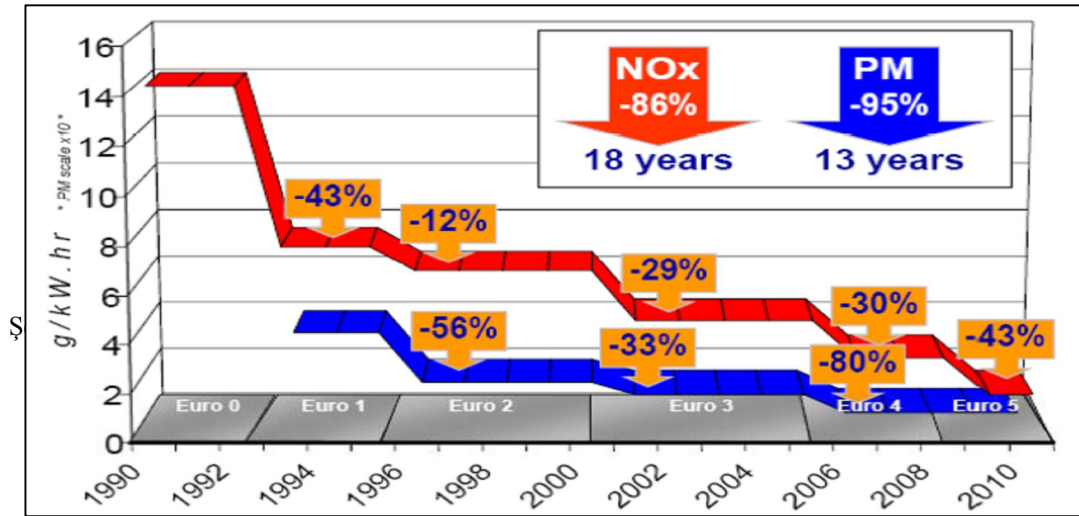
<b>Ağır Ticari</b>			
	<b>NO<sub>x</sub> (g/kWh)</b>	<b>HC (g/kWh)</b>	<b>PM (mg/kWh)</b>
<b>Araçlar</b>			
<b>Euro I</b>	9.0	1.23	400
<b>Euro II</b>	7.0	1.1	150
<b>Euro III</b>	5.0	0.66	100/160
<b>Euro IV</b>	3.5	0.46	20/30
<b>Euro V</b>	2.0	0.46	20/30
<b>Euro VI</b>	0.05	0.46	2/3

Dizel yakıtlı ticari araçlar için emisyon standartlarında AB ülkelerinin dışında Amerika'da ve Japonya da uygulanan standartlar bulunmaktadır. Kullanan değerler Şekil 2.7.'de görülmektedir. EURO sınıflarındaki değişimler Şekil 2.8 ve Şekil 2.9.'da gösterilmiştir.

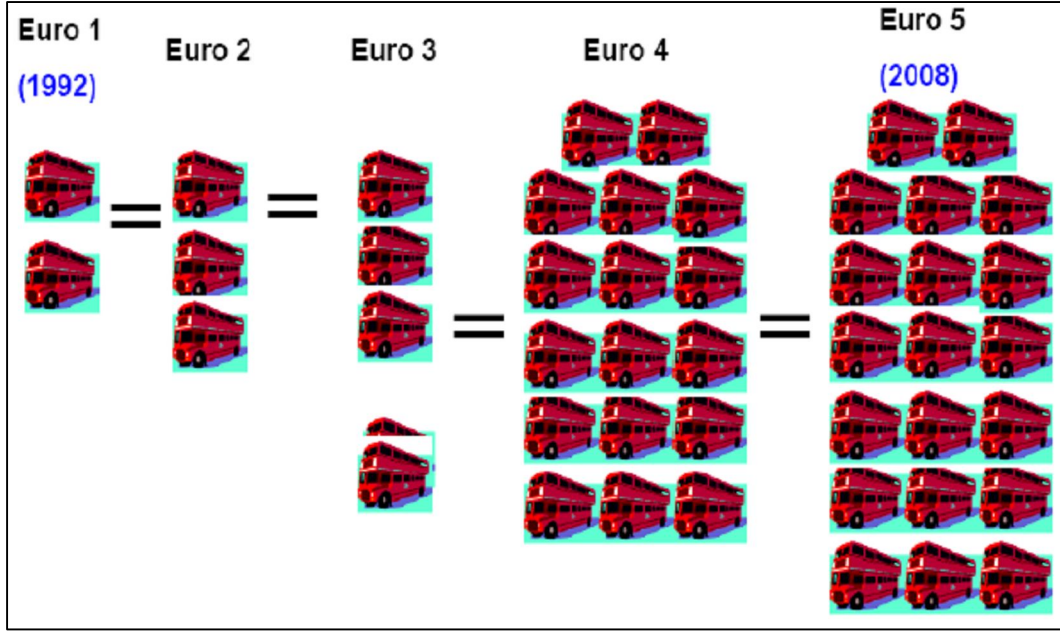
Uluslararası Emisyon Değişimi  
-Ağır-Ticari araçlar-



Şekil 2.7. Ağır ticari araçları için NOx ve PM’de Uluslararası emisyon değişimi







Şekil 2.9. Eşdeğer Ağır Dizel Araç Emisyonları

## 2.5. Sürüş Çevrimleri

Hızlı bir şekilde gelişen şehirleşme sonucunda ulaşım kaynaklı emisyonların artması şehirlerde insan sağlığı ve çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu etkileri sınırlamak için motor test laboratuvarlarında egzoz emisyonunun kontrolü amacıyla standart testler yapılmaktadır. Bu standart testler, taşıt üretici ve alıcılarıyla emisyon kontrolü sağlayan ilgili yasal kurumlara farklı taşıt modellerinin egzoz emisyonu hakkında bilgiler sağlamaktadır.

Modern şehirlerde atmosferdeki kirliliğin en önemlisini araç emisyonları oluşturmaktadır. Bu yüzden yapılan testler ve bu testler esnasında yapılan ölçümlerin sağlıklı bir şekilde yapılması ve doğru sonuçları içermesi son derece önemlidir. Çoğalan araç sayısı özellikle son yıllarda karışık trafik problemleri ile emisyonlar ve yakıt tüketiminde önemli sonuçlar ortaya çıkmıştır. Bu şehirlerde atmosfere salınan CO emisyonlarının hemen hemen tümünü, HC emisyonlarının ve VOC'lerin % 75'ini ve NOx'lerin %65'ini motorlu taşıtlar oluşturmaktadır [14].

Mevcut emisyonların minimizasyonu için alternatif teknolojiler arasında Hibrit araçların tercih edilmesindeki en önemli nokta ulaşımdan kaynaklanan sera gazı

emisyollarını sınırlandırmasıdır. Hibrit araçların şimdiki sayıları azdır fakat yapılan çalışmaların sonuçları bize ulaşımındaki temiz teknolojiler için bekleneni hibrit araçların sağlayacağını göstermektedir. Petrol fiyatlarındaki son artışlar; ulaşımından kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltma ihtiyacını, yakıt verimini sağlayarak hava kalitesini geliştirmeyi ve düşük emisyonlu araç teknolojilerinin ihtiyacını politika yapıcılar tarafından gündeme getirmiştir. İstenilen çok düşük kirletici emisyon sınıfları ve yakıt ekonomisi konuları birleştirildiğinde meydana gelen teknoloji hibrit elektrikli araçlar olarak belirlenmiştir. Hibrit elektrikli araçların kontrol stratejilerinde şehir otobüsleri çevrimi büyük öneme sahiptir. Hibrit elektrikli otobüsün en uygun kontrol stratejisi için gerçek bir otobüsün sürüş çevrimi gerekmektedir. Sürüş çevriminin bilinmesi yakıt ekonomisi üzerinde büyük değişiklikler sağlamaktadır.

Mevcut sürüş çevrimleri araçların çeşitli yollarda yakıt tüketimi ve kirletici emisyonlarını belirlemek için farklı şehirlerde hazırlanmıştır. Sürüş çevrimleri araç hızının zamana karşı temsilci verilerinin toplanmasıyla oluşmaktadır. Ortak olarak kullanılan çevrimler Avrupa’da NEDC, Amerika’da FTP-75 ve Japonya’da 10-15 Mode’dur. Motorlu araçlardan kaynaklanan emisyonlar temel olarak trafik yoğunlukları ile bağlantılıdır. Sürüş çevrimlerinin gelişimini sağlamak için şehir içi trafiğini temsil eden bir hız - zaman grafiğine ihtiyaç duyulmaktadır. Yakıt tüketimi ve egzoz emisyonlarını değerlendirmesinde şasi dinamometresi kullanılmaktadır. Sürüş çevrimleri 2 ana kategoride incelenmektedir. Birincisi hükümetler tarafından uygulanan “FTP-75” (ABD), “NEDC” (Avrupa) ve “10-15” mode (Japonya)’dur. İkincisi ise taşıt kaynaklı emisyonların ve yakıt tüketiminin değerlendirilmesi amacıyla geliştirilen yasal standart olmayan ”Hong Kong”, “Sidney”, “Atina sürüş çevrimi (ADC)” gibi sürüş çevrimleridir.

Sürüş çevrimlerini geliştirmek için 2 yol bulunmaktadır. İlk yol sabit hızlanma, yavaşlama ve hız süreleri ile çeşitli sürüş modları oluşturmaktır (NEDC ve ECE gibi). Diğer yol gerçek sürüş verilerine başvurarak “gerçek dünya” çevrimleri geliştirmektir (FTP-75 ve ADC gibi). Gerçek çevrimler yolda olduğundan daha tecrübeli, daha dinamik ve hızlanma yavaşlamaları daha çabuk yansıtan modellerdir. Araştırmacılar araçların emisyonlarının ölçümünde dinamometre testleri için sürüş çevrimleri geliştirmişlerdir. Sürüş çevrimleri özel şehir veya bölgeler için sürüş

davranışının temsilci hız-zaman profilini sağlamaktadır. Sürüş çevrimleri uygulamaları geniş menzillerde test ederek sağlanabilir. Standart sürüş çevrimlerinden FTP ve ECE çevrimleri geniş menzillerde uygulamalar yapılarak kanuni emisyon limitlerine uyum sağlaması için, araçların yapım ve pazarlama aşamalarında kullanılmışlardır. Sürüş çevrimleri aynı zamanda araştırmacılar tarafından araçlardan kaynaklanan kirleticilerin hesaplanmasında ve yakıt tüketiminin belirlenmesinde kullanılmışlardır.

1. Güncel sürüş çevrimleri yollardan toplanan sürüş verileri ile geliştirilmiştir. Seçilen rota tipleri genellikle araç tipleri ile ilişkilidir.
2. Araştırmacılar; her şehirde eşsiz sürüş karakteristik özellikleri (farklı araç donanım bileşimleri, sürüş davranışları ve yolun topografik özellikleri) olduğu konusunda fikir birliğindedir.
3. Avrupa sürüş çevrimi (NEDC) ile tahmin edilen toplam egzoz emisyonlarının Türkiye'deki ulaştırma kaynaklı toplam egzoz emisyonlarını yeterince iyi temsil etmediği belirlenmiştir [15]. Şu anki sürüş çevrimlerinde ivmelenme, aktiviteler ve soğuk motor modunda harcanan zamanları daha az yansıttığı için bazı problemlerle karşılaşmaktadır. Bu yüzden çevre koruma yönetimleri bir araya gelerek farklı bilgiler kullanıldığında her şehrin kendine uygun sürüş çevrimlerini geliştirmeleri gerektiği belirtilmiştir.

Birçok Avrupa ülkesinde, Amerika, Japonya ve Kanada'da yeni taşıt modellerinin egzoz emisyon kontrolü amacıyla standart testler yapılmaktadır. Bu standart testler, taşıt üretici ve alıcılarıyla, emisyon kontrolü sağlayan ilgili yasal kurumlara, farklı modellerin egzoz emisyonu ve yakıt ekonomileri hakkında bilgiler sağlamayı amaçlamaktadır. Yakıt tüketimi ve emisyon testleri dinamometrede gerçekleştirilmektedir. Egzoz borusundan toplanan emisyonlar ölçülmekte ve aracın performansı gösterilmektedir. Bazı sürüş çevrimleri teorik olarak türetilmektedir ve bunlar Avrupa Birliği tarafından tercih edilmektedir. Oysa diğer yapılan gerçek sürüş çevrimi ile yapılan ölçümler sürüş örneği için daha temsilci nitelik taşımaktadır.

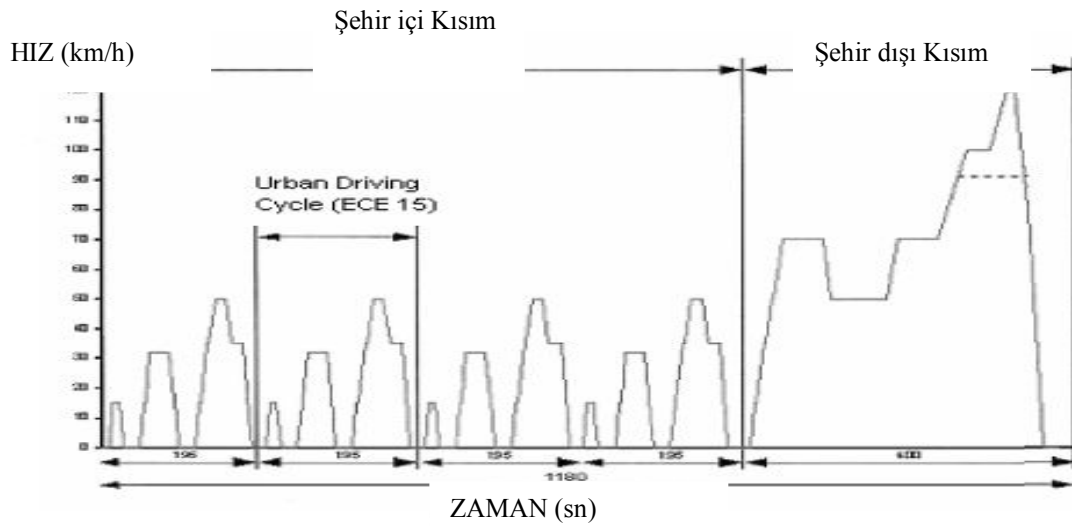
### 2.4.3. Avrupa sürüş çevrimleri

#### 2.5.1.1. Yeni avrupa sürüş çevrimi (New european driving cycle (NEDC))

Yeni Avrupa Sürüş Çevrimi hafif araçların emisyonları ve yakıt tüketimi konusunda değerlendirmeler yapmamızı sağlayan ve birçok şehir tarafından örnek çevrim olarak kullanılan bir çevrimdir. NEDC Şekil 2.10.'da görüldüğü gibi şehir içi sürüş çevrimi ve şehir dışı sürüş çevrimlerinin bir araya getirilmesiyle oluşmaktadır [12].

Tablo 2.5. NEDC parametreleri

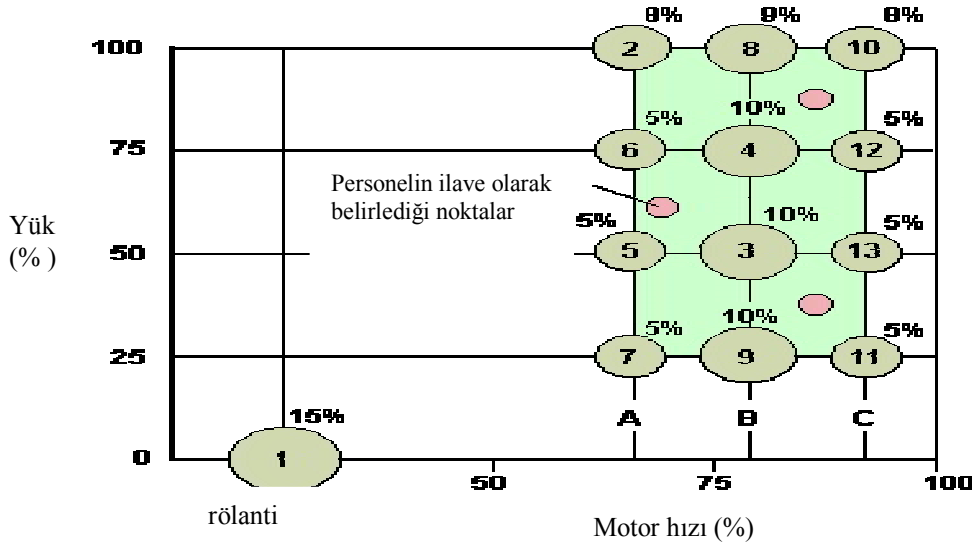
Parametreler	Birimler	ECE 15	EUDC
Uzunluk	Km	$4 \times 1.013 = 4.052$	6.955
Süre	S	$4 \times 195 = 780$	400
Ortalama hız	km/h	18.7 (rölanti ile)	62.6
Maximum hız	km/h	50	120



Şekil 2.10. NEDC sürüş çevrimi

### 2.5.1.2. Avrupa sabit çevrimi (European stationary cycle (ESC))

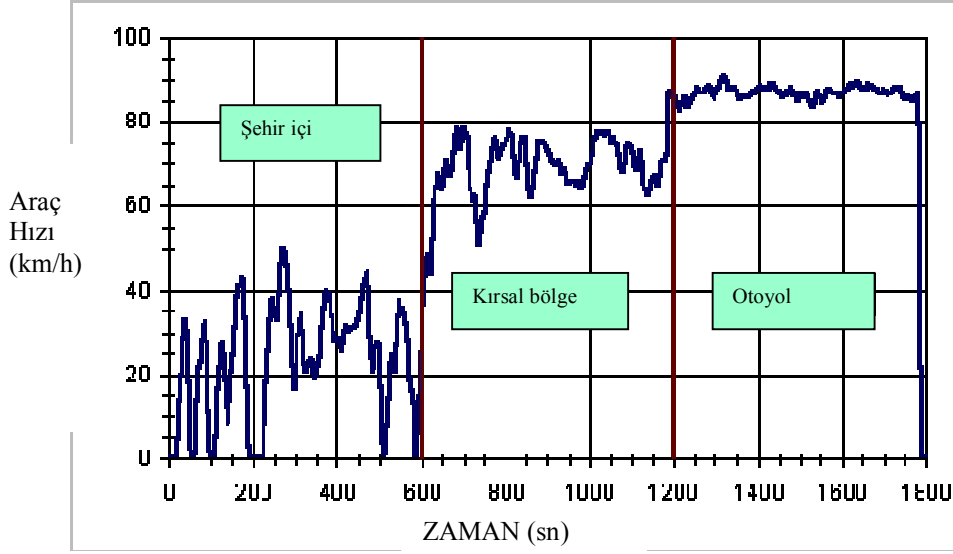
Çevrim araç motoru kullanılarak motor dinamometrede gerçekleştirilmektedir. Ağır vasıtaların sürüş çevrimleri genellikle motor dinamometre üzerinde oluşmaktadır. Çevrimin oluşturulmasında yük durumu, motor hızı gibi parametreler Şekil 2.11.'de görüldüğü gibi önem taşımaktadır [12].



Şekil 2.11. Avrupa Sabit Çevrimi (ESC)

### 2.5.1.3. Avrupa değişken çevrimi (European transient cycle (ETC))

Avrupa Değişken Çevrimi Almanya'nın Aachen kentinde gerçek sürüş ölçümleri toplanarak ağır vasıtaların sürüş çevrimini göstermektedir. Çevrim Şekil 2.12.'de görüldüğü gibi 3 kısımdan meydana gelmektedir. İlki hızın maksimum 50 km/h olduğu şehir içi trafiği yansıtan kısım, ikincisi ortalama hızın 72 km/h olduğu kırsal kesim ve sonuncusu ortalama hızın 88 km/h olduğu otoyol kısmıdır [12].



Şekil 2.12. Avrupa Değişken Çevrimi (ETC)

## 2.5.2. Uluslararası sürüş çevrimleri

### 2.5.2.1. World harmonized stationary çevrimi (WHSC)

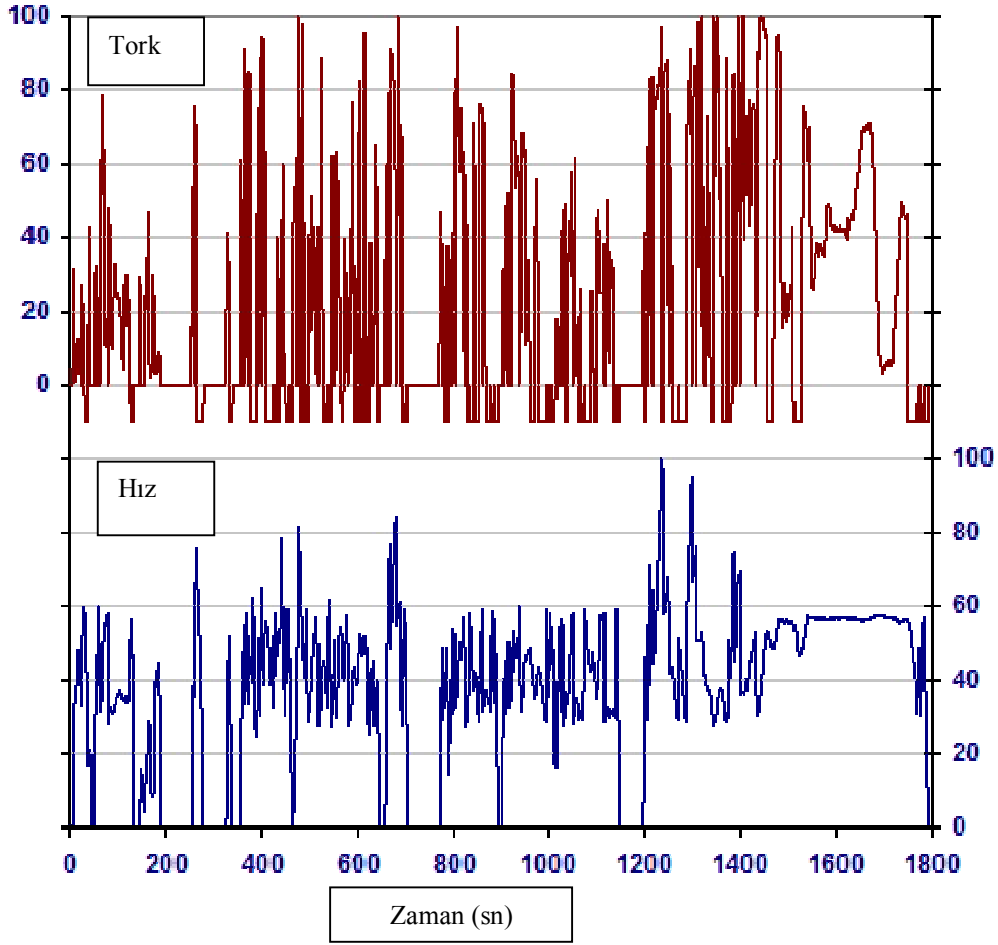
WHSC testi sabit durumda motor dinamometrede ölçümü yapılan, UN ECE GRPE grup tarafından geliştirilmiş bir sürüş çevrimidir. Bu çevrim ağır vasıtaların motor egzoz emisyonlarının belirlenmesini kapsamaktadır. Geliştirilen çevrimler: Avustralya , Japonya, USA ve Avrupa Birliği'nde trafik durumlarını kapsamaktadır. WHSC testi için seçilen parametreler Tablo 2.6.'da sunulmaktadır [12].

Tablo 2.6. World Harmonized Stationary Çevrimi (WHSC)

Mode	Hız	Yük	Ağırlık Faktörü	Süre
-	%	%	-	s
<b>0</b>	Motoring	-	0.24	-
<b>1</b>	0	0	0.17/2	210
<b>2</b>	55	100	0.02	50
<b>3</b>	55	25	0.10	250
<b>4</b>	55	70	0.03	75
<b>5</b>	35	100	0.02	50
<b>6</b>	25	25	0.08	200
<b>7</b>	45	70	0.03	75
<b>8</b>	45	25	0.06	150
<b>9</b>	55	50	0.05	125
<b>10</b>	75	100	0.02	50
<b>11</b>	35	50	0.08	200
<b>12</b>	35	25	0.10	250
<b>13</b>	0	0	0.17/2	210
<b>Toplam</b>			1	1895

### 2.5.2.2. World harmonized transient çevrimi (WHTC)

WHTC testi değişken durumda motor dinamometrede ölçümü yapılan, UN ECE GRPE grup tarafından geliştirilmiş bir sürüş çevrimidir. Bu çevrim ağır vasıtaların motor egzoz emisyonlarının belirlenmesini kapsamaktadır. Geliştirilen çevrimler: Avustralya , Japonya, USA ve Avrupa Birliği'nde trafik durumlarını kapsamaktadır. 1800 sn süreden oluşan WHTC testi için seçilen sürüş çevrimi Şekil 2.13.'de sunulmaktadır [12].



Şekil 2.13. World Harmonized Transient Çevrimi (WHTC)

### 2.5.2. Amerika sürüş çevrimi (FTP-75)

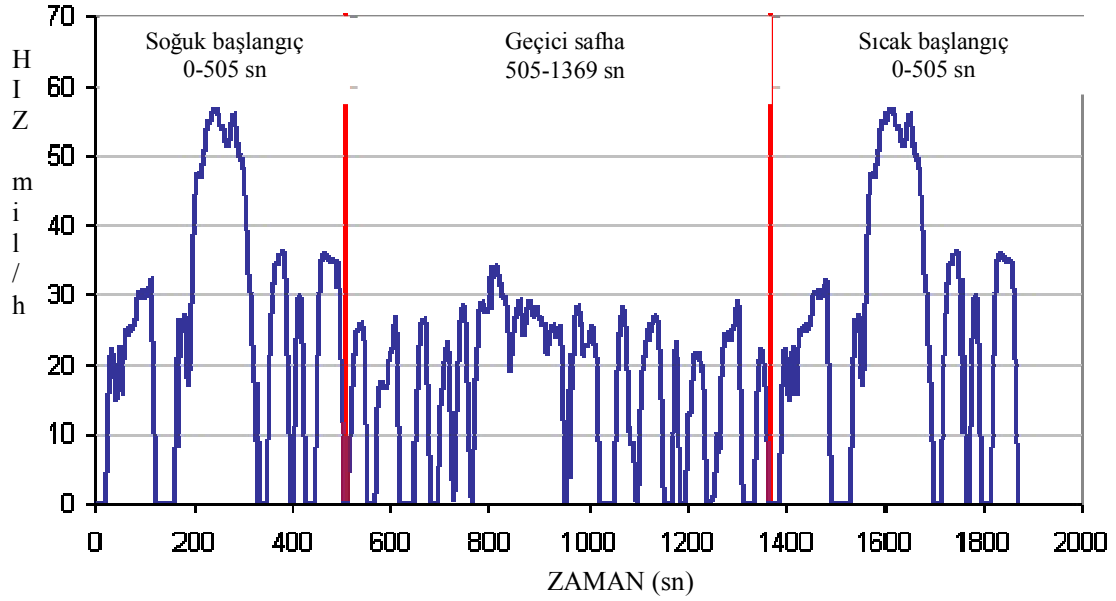
**FTP-75 (Federal Test Procedure) akış şeması Şekil 2.14.'de görüldüğü üzere;**

1. Soğuk başlangıç (cold start) safhası
2. Geçici (transient) safhası
3. Sıcak başlangıç (hot start) safhası şeklindedir.

Çevrimin parametreleri:

- Uzunluk : 11.04 miles (17.77 km)
- Süre : 1874s
- Ortalama hız : 21.2 mph (34.1 km/h) [12].

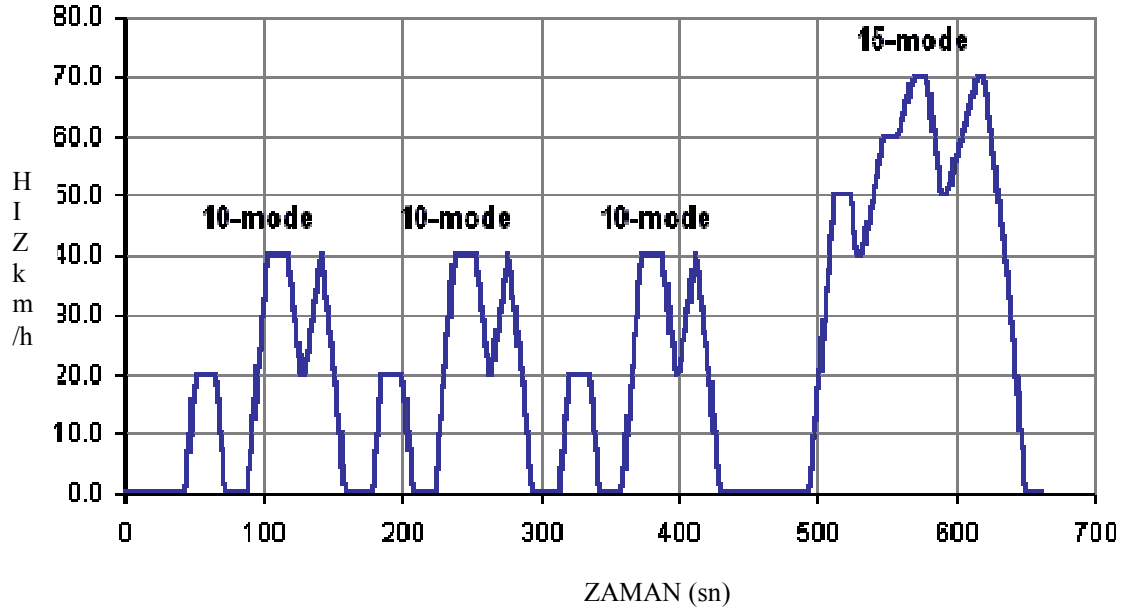




Şekil 2.14. FTP-75 Çevrimi

#### 2.5.4. Japon sürüş çevrimi

Şekil 2.15.'de görüldüğü gibi Japon sürüş çevrimi iki ayrı mode çevriminden oluşmaktadır. Bunlar; 11-10 ve 10-15 mode çevrimidir. 11 mode testinde; çevrim dört defa olmak üzere soğuk taşıtta gerçekleşmektedir. 10 mode test çevrimi altı defada rejim hali koşullarını gerçekleştirmek amacıyla uygulanır. Bu testte son beş çevrimde ölçüm yapılır. Taşıt 10 mode hazırlanmak için 20 dakika 40 km/h hızda ısıtılması gerekir. 10-15 mode çevrimine başlamadan taşıt 15 dakika 60 km/h hızda çalıştırmak gerekmektedir. Çevrimin uzunluğu 4.16 km, ortalama hız 22.7 km/h, süresi 660 s'dir [12].

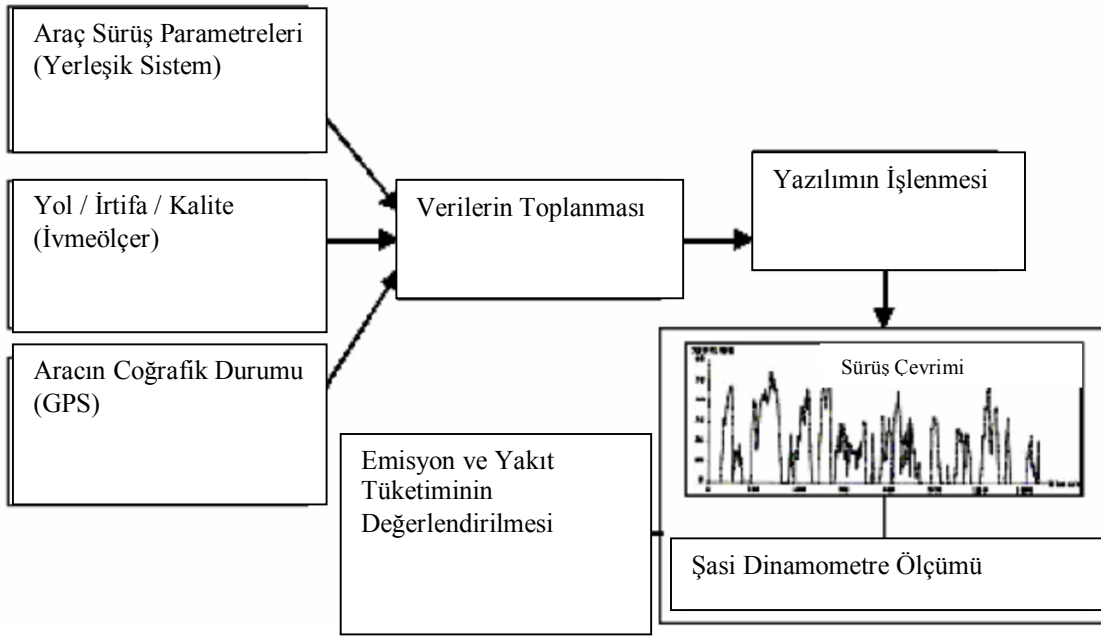


Şekil 2.15. Japon 10-15 Mode Çevrimi

### 2.5.5. Gerçek dünya sürüş çevrimi (Real world driving cycle)

Gerçek sürüş çevrimleri mevcut sürüş durumunu en iyi şekilde görmemizi sağlamaktadır. Güncel trafik verileri toplanarak bölgenin trafik durumunun en iyi yansımaları belirlenmektedir. Sürüş çevrimlerinin gelişimi için Şekil 2.16'da görülen 4 adımda oluşan yöntemin uygun olduğu tahmin edilmektedir.

1. İşletim durumunu ve aracın kullanımını gözlem yapmak,
2. Sürüş durumunun analiz edilmesi,
3. Araç gezilerinin analiz edilmesi,
4. Sürüş durumunda olduğu gibi karakteristik özelliklerini ve gezi biçimlerini çoğaltarak temsilci sürüş çevrimini geliştirmek [14].



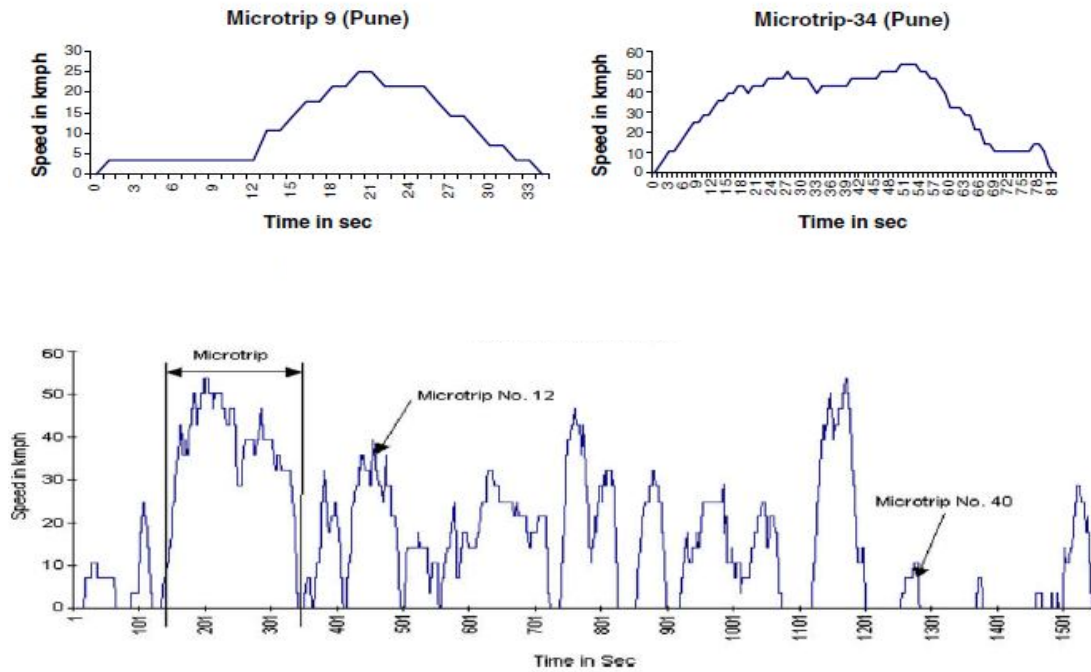
Şekil 2.16. Sürüş çevrimlerinin geliştirilmesi akış şeması

### 2.5.5.1. Literatür çalışması 1 (Development of real-world driving cycle: case study of Pune, India)

Sürüş çevrimleri seçilen bölge veya şehrin sürüş davranışlarının temsilci şekilde hız-ivme karakterizasyonunun sunumunu sağlar. Sürüş çevrimi oluşturulmasında seçilen bölgede sürüş operasyon durumlarını (boş zaman, hızlanma, sabit hız, yavaşlama) dikkate almaktadır. Sürüş çevrimleri şehirden şehire veya bölgeden bölgeye göre değişmektedir. Sürüş çevrimlerinin esas amacı; güncel sürüş karakteristik özelliklerini simule ederek yapılan testler sonucu yakıt tüketimi ve egzoz emisyonlarını belirlemektir.

Sürüş çevriminin geliştirilmesi için önerilen metodoloji; şimdiki trafik durumunu temsilci dataların toplanması ve micro-trip lerin geliştirilmesidir. Bu metodolojinin geliştirilmesinde dikkat edilen 5 önemli parametre; hızlanma,yavaşlama, boş zaman ve sabit hız yüzdeleri ile ortalama hız'dır. Metodolojinin içerdiği adımlar sırasıyla; sürüş verilerinin toplanması, micro-trip lerin belirlenmesi, veri analizi ve sürüş çevriminin oluşturulmasıdır.

1. Sürüş verilerinin toplanması; Araç takip sistemi kullanılarak gerekli olan hız-zaman verileri toplanmıştır.
2. Micro-trip'lerin belirlenmesi; Sürüş çevriminin geliştirilmesi micro-trip'lere dayanmaktadır. Micro-triplerin belirlenmesinde aracın kalkışından sonra durmasına kadar geçen sürede sürüş özellikleri incelenmektedir.
3. Veri analizi; 2 kısımda oluşmaktadır: temel verilerin analizi ve micro-triplerin analizidir.
4. Sürüş çevriminin oluşturulması; Geliştirilen bilgisayar programlarında micro-tripler birleştirilerek temsilci sürüş çevrimini oluşturulur.



Şekil 2.17. Micro-trip'lerin birleştirilmesi.

Group no.	Micro-trip no.	Avg_vel (kmph)	% Acceleration	% Deceleration	% Cruise	% Idle	Time (s)	Frequency
1	1	7	4	4	88	4	49	1
2	2	11	15	18	62	6	34	1
3	34	34	23	19	56	2	81	4
4	42	3	0	0	50	50	4	7
5	41	4	0	0	80	20	10	2
6	20	21	17	11	67	4	46	7
7	9	37	16	13	70	1	208	2
8	29	16	13	8	77	1	156	2
9	11	5	8	0	75	17	12	1
10	12	18	18	20	58	4	45	2
11	13	26	17	16	65	2	82	5
12	14	12	11	6	79	4	53	2
13	15	20	10	7	82	1	165	1
14	19	28	26	20	51	2	88	2
15	45	18	14	14	67	5	43	4
16	36	7	7	3	83	7	29	1
17	40	5	10	10	60	20	10	1

Şekil 2.18. Sürüş Çevrimi için seçilen parametreler.

Speed (kmph)	Acceleration (km/h/s)																			Total		
	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
0-5				1			6	26			1286			65	17			1				1402
5-10				7			7	13			198			48		1						274
10-15	6			17	8		18	18			480			98	29	2	2					678
15-20	5			10	3		5	20			263			2	70	1				1		380
20-25	9			17	6		45	25			559			47	89	3	1					801
25-30	5			10	7		37	2			278			38	22	8	13				2	422
30-35	2			4	3		22	39			230			23	20	2	1				4	350
35-40	4			8	8		82	30			366			17	99	1					1	616
40-45	1				3		31	17			180			0	31	2	1				1	267
45-50				1	1		29				130			14	20						2	197
50-55	3				2		32	20			212			5	23		2					299
55-60					1		13				29				9							52
60-65	1						11				12				2							26
65-70							2				7				1							10
70-75							1															1
Total	36	0	0	75	42	0	341	210	0	0	4230	0	0	309	480	0	22	19	0	0	11	5775

Şekil 2.19. Sürüş Çevrimi için yapılan ölçümlerin Hız-İvme Dağılımları

Literatür Çalışması 1 sonucunda; Yapılan çalışmada gerçek sürüş verilerinin geliştirilmesinden elde edilen micro-tripler kullanılarak sürüş çevriminin geliştirilmesinin metodolojisi anlatılmıştır. Parametreler dikkatli bir şekilde

incelenerek bu methodoloji geliştirilmiştir. Bunun için trafik durumunun en iyi şekilde temsil etmesine dikkat edilmiştir. Hindistan'ın Pune şehri için yapılan bu çevrimde methodoloji geliştirilmiş ve diğer çevrimler ile karşılaştırmalar yapılarak değerlendirmesi yapılmıştır. Sürüş çevrimlerinin farklı bölgelerde nasıl değişiklik gösterdiği sunulmuştur [16].

### **2.5.5.2. Literatür çalışması 2 (DEVELOPMENT OF CAR DRIVE CYCLE FOR SIMULATION OF EMISSIONS AND FUEL ECONOMY)**

Bir sürüş çevrimi; sürüş kalıbını ve çevreyi temsil etmesi amacı ile egzoz gazı emisyonları ve yakıt tüketiminin görüntülenmesi, farklı modellerdeki araçlar için hız-zaman grafiklerinin oluşturulması ile meydana gelir. Sürüş kalıpları bölgeden bölgeye ve şehirden şehire göre değişir. Mevcut sürüş çevrimlerini elde etmek için yapılmış malum şehirler genellikle diğer şehirler için uygulanabilir değildir. Bu yüzden birçok araştırma gerçek sürüş testlerini kullanarak sürüş çevrimi geliştirmeyi hedeflemiştir.

Araç sürüş çevriminin geliştirilmesi;

1. Sürüş çevriminin gelişimindeki ilk adım gerçek sürüş davranışlarında kayıtlar ve ölçümlerin toplanmasıdır.
2. Araca yerleştirilen sistem ile gerçek ölçümler yapılmıştır.
3. Kaydedilen veriler bilgisayarda analiz edilmiştir.
4. Veri analizi için ortalama hız (km/hr) ve boş zaman yüzdesi (%) belirlenir ve bu oranlara göre trafik durumu sınıflandırması yapılır.

Sürüş çevrimlerinin geliştirilmesi microtrip'lere bağlıdır. Microtrip seyahat durumunda ardaşık iki duruş zamanı arasında kalan gezidir. Bu zaman diliminde hareketin oluşması ile farklı hız durumları (hızlanma, yavaşlama, sabit hız vs.) oluşur. Böylece tüm çevrim boyunca micro tripler belirlenmiş olur.

Verilerin analizi için bilgisayar programı geliştirilmiş (ADVISOR). Bu program sayesinde aracın hız ve ivme değerleri hesaplanıp dosya halinde saklanmaktadır. Program aynı zamanda microtripleri ayrı ayrı belirleyerek gereken parametreleri (boş zaman, hızlanma, yavaşlama, sabit hız vs.) hesaplamaktadır.

Varolan tüm verilerden temsili microtriplerin seçilmesi ile final sürüş çevrimi oluşmaktadır. Microtrip sayısının azaltılmasında seçilen trafik durumunda belirlenen kategorideki verilerin birbirlerine yakın değerlerde olması istenir. Yapılan hesaplamalarda:

$$\bar{v}_{rel,i} = \frac{\bar{v}_{mt,i}}{\bar{v}_{total}} \quad (2.3)$$

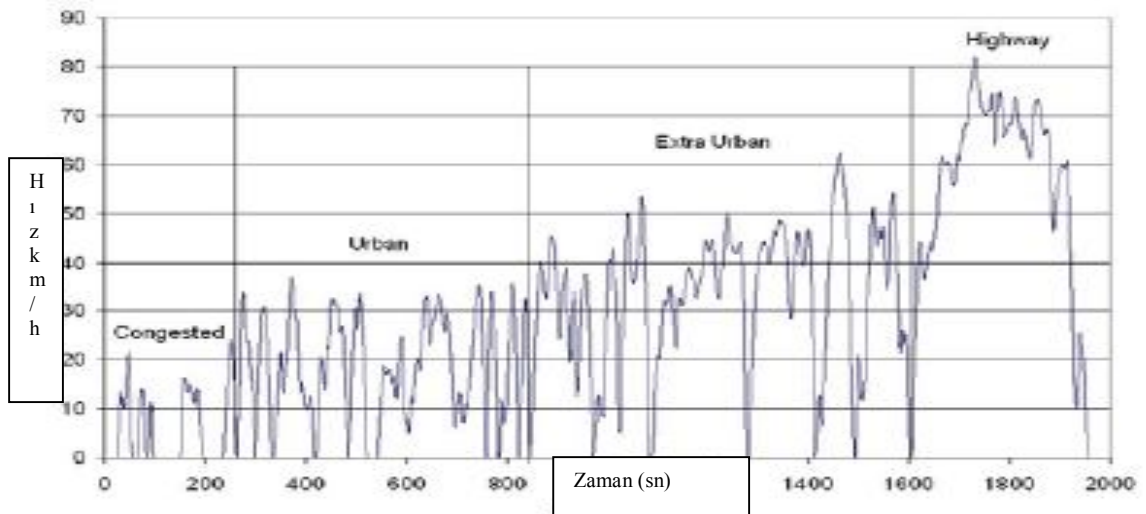
$$\%idtime_{rel,i} = \frac{\%idtime_{mt,i}}{\%idtime_{total}} \quad (2.4)$$

i: microtrip numarası

rel : (relative): izafi, göreceli

mt : ortalama

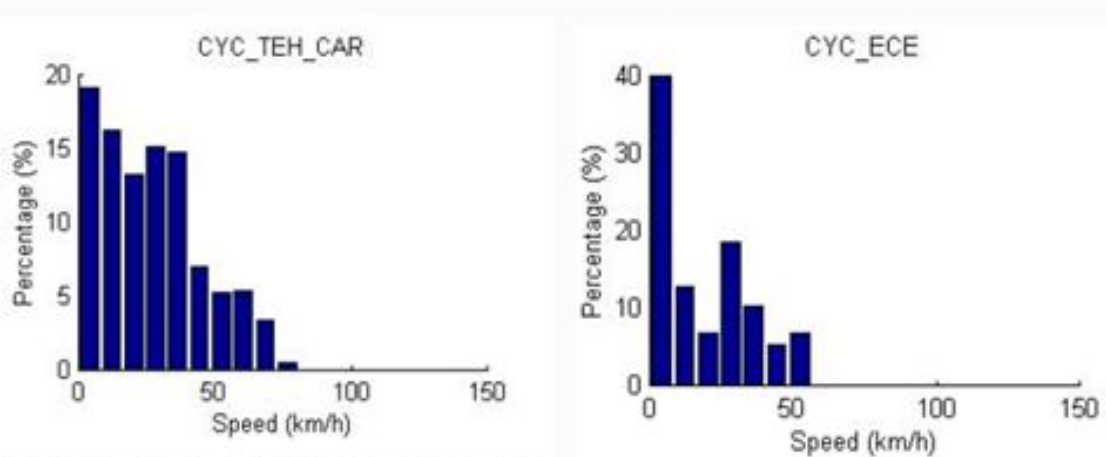
Çevrim tüm trafik durumundan elde edilen hesaplamalar kullanılarak ve Tahran şehrinde araçlardan alınan kayıtlar toplanarak elde edilmiştir. Düzeltilmemiş ve düzeltilmiş çevrimlerin oluşumu tıkanık şehiriçi, şehiriçi, extra şehiriçi ve anayol trafik durumlarının gösterilmesiyle oluşmuştur. Düzeltilmiş çevrim Tahran şehrindeki son sunulan çevrimdir. Bu çevrim “TEH\_CAR” çevrimi olarak adlandırılmıştır [17].



Şekil 2.20. TEH – CAR Sürüş Çevrimi

Tablo 2.7. TEH – CAR Çevriminin diğer çevrimler ile karşılaştırılması

Idle Time (%)	Avg decel (m/s <sup>2</sup> )	Avg accel (m/s <sup>2</sup> )	Max decel (m/s <sup>2</sup> )	Max accel (m/s <sup>2</sup> )	Vavg (km/hr)	Vmax (km/hr)	Dist (km)	Time (sec)	
12.4	-.51	.45	-2.21	1.93	29.3	84.0	15.9	1955	TEH CAR
18.92	-.57	.5	-1.48	1.48	31.51	91.25	11.99	1369	FTP-72
32.3	-.75	.63	-.83	1.06	18.35	50	.99	195	ECE
27.38	-.79	.54	-1.39	1.06	32.23	120	10.93	1220	ECE+EUDC
32.58	-.65	.57	-.83	.79	22.68	69.97	4.16	660	J10-15 mode

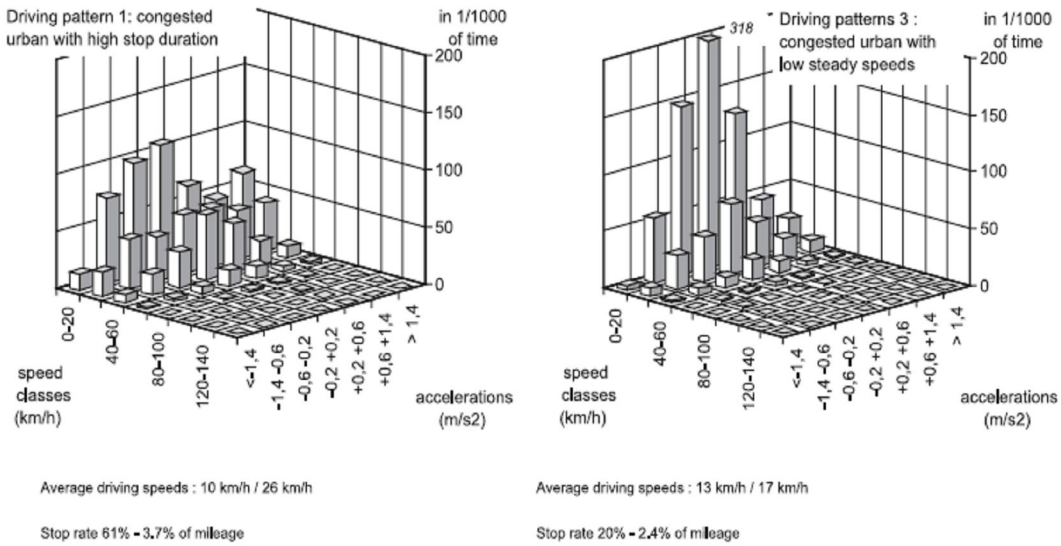


Şekil 2.21. TEH – CAR ve ECE Çevriminin Karşılaştırması



### 2.5.5.3. Literatür çalışması 3 (The Artemis european driving cycles for measuring car pollutant emissions)

Araçlardan toplanan sürüş durumları analiz edilerek hız profilleri çıkarılmaktadır. Geziler homojen boyutlarda hız değerlerine göre ayrılarak (0-20, 20-40 vs.) anlık hız ve ivme değerlerine göre çapraz tabloda duruş süreleri de dikkate alınarak belirlenir. Correspondence analizi (based on chi-squared distance) ve kümeleme araçları sınıflandırmada kullanılarak hız ve ivme değerleri dağılımı tabloda sunulmuştur. Temel ilke benzer grup parçalarının her birini gruplara ayırıp karşılaştırmaktır. Benzerlik kavramı ölçüm boyunca elde edilen verilerin dağılımlarının birbirine yakın olmasıdır (hız ivme dağılımları açısından benzer). Bu şekilde gözlemlerin karşılaştırmalı ve daha tutarlı olduğunu gösterir.



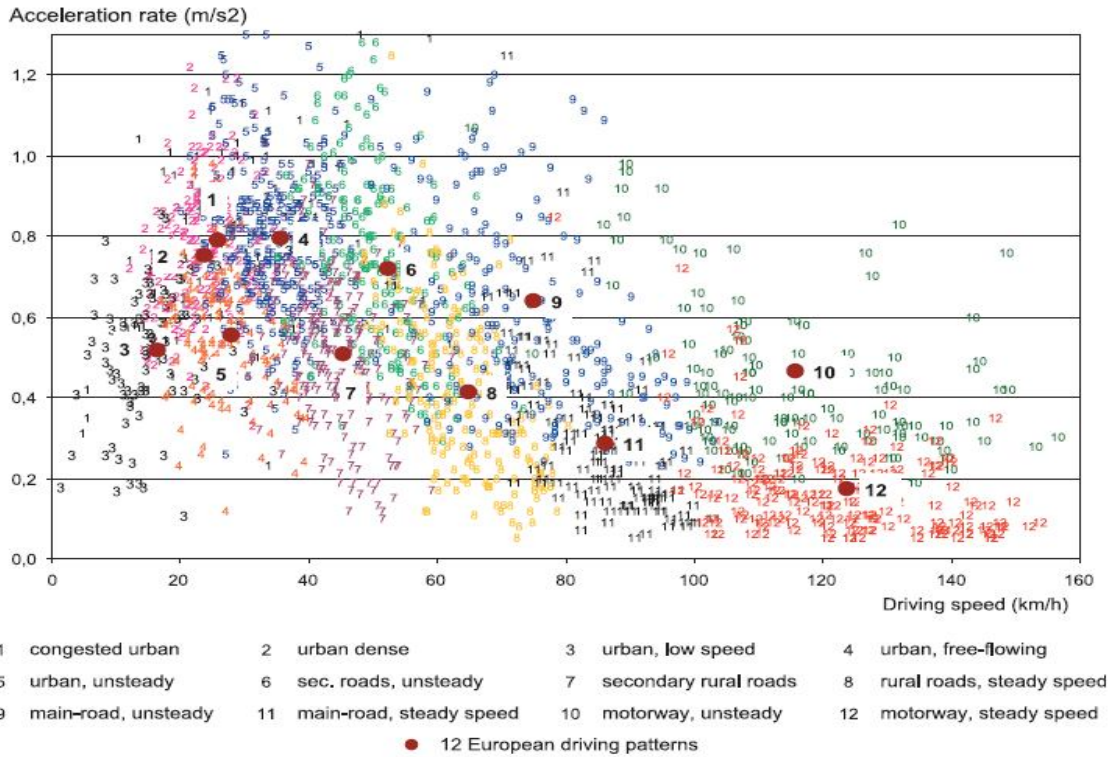
Şekil 2.22. ARTEMIS Hız- İvme- Zaman Histogramı

ARTEMIS sürüş çevrimlerinin gelişimi: Karşılaşılan trafik durumları dikkate alınarak 3-23 km/h arasında şehiriçi yol(urban) , 23-48 km arasında kırsal yol(rural) ve daha yüksek hızlar için anayol(motorway) karakterizasyonu sağlandı. Bu şekilde 3 temsilci çevrim geliştirildi;

Tablo 2.8. ARTEMIS Çevriminde Geliştirilen Temsilci Yolların Özellikleri

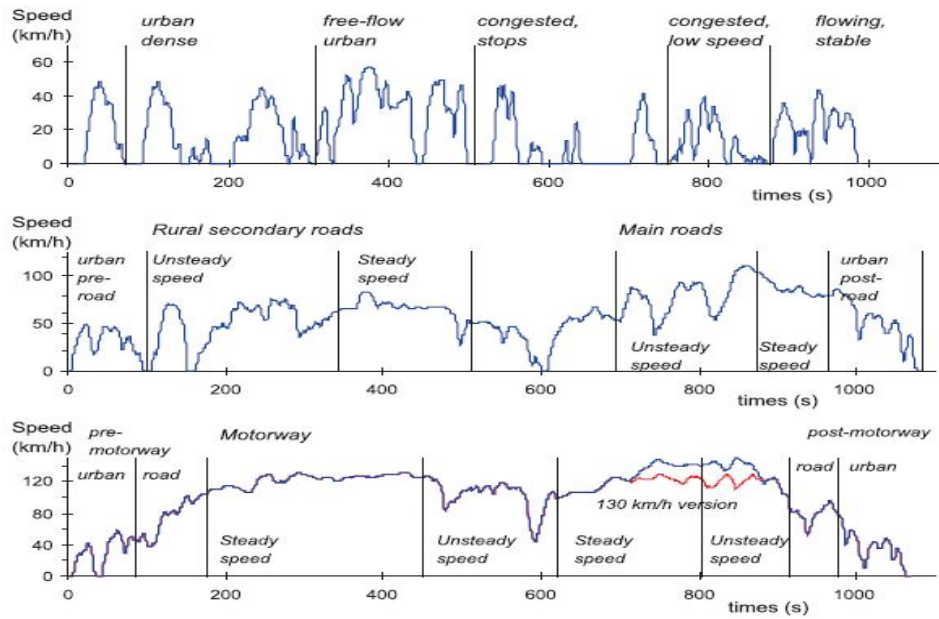
Trip classes and description	Percentage of trip number	Percentage of mileage	Length (km)	Average speed (km/h)	Stop duration (%)	Stop rate (stop/km)	Average position acceleration (m/s <sup>2</sup> )	Driving conditions encountered
1 Motorway	2.8	27.6	82.0	92.8	4.8	0.08	0.65	9 to 12
2 Rural roads	27.5	44.5	13.7	47.5	11.6	0.41	0.74	6 to 9
3 Urban	69.7	27.9	3.4	22.5	26.7	1.72	0.77	1 to 5
All	100	100	8.4	40.4	18.4	0.69	0.75	

Geliştirilen 3 çevrimin temelinde 12 adet trafik durumları da dikkate alınarak incelenen sürüş durumu vardır. Bu sürüş durumları ivmelenme ve hız değerleri dikkate alınarak aşağıdaki tabloda sunulmuştur.



Şekil 2.23. ARTEMIS Çevriminde Belirlenen Trafik Durumları

Geliştirilen sürüş çevrimleri aşağıda sunulmuştur [18].



Şekil 2.24. ARTEMIS Sürüş Çevrimleri

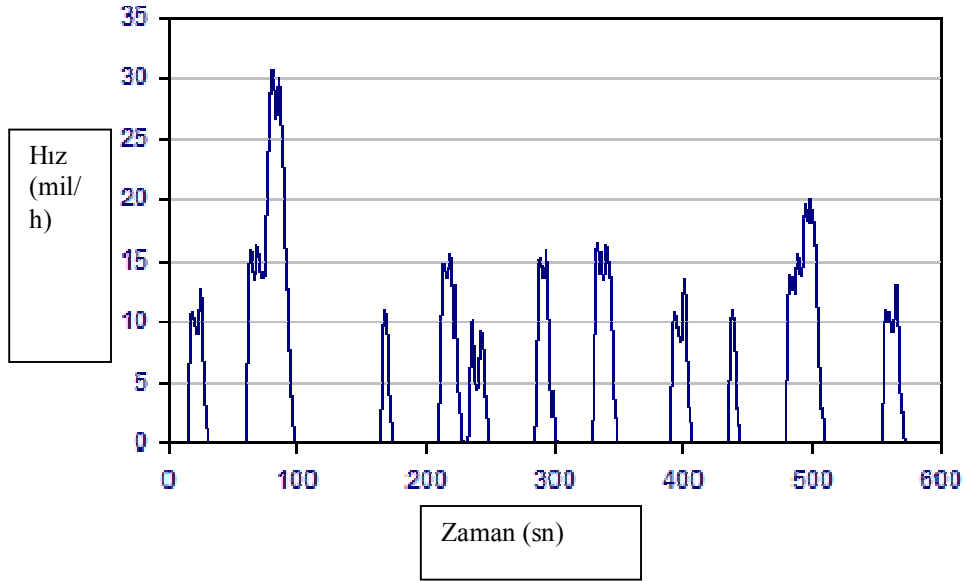
## 2.5.6. Otobüsler için yapılmış sürüş çevrimleri

### 2.5.6.1. New York otobüs çevrimi

The New York Bus (NYBus) çevrimi özellikle şehir içi otobüslerinde bulunan ağır vasıta araçları için şasi dinamometrede yapılan bir çevrimdir. Bu çevrim New York şehrinin güncel otobüs trafik durumunu temsil etmektedir. Seçilen parametrele aşağıdaki gibidir:

- Süre: 600 s
- Mesafe : 0.99 km
- Maximum hız : 49.56 km/h (30.8 mph)
- Ortalama hız : 5.94 km/h (3.7 mph)
- Ortalama hız (duruş olmadan) : 17.11 km/h (10.6 mph)
- Maximum ivmelenme : 2.77 m/s<sup>2</sup>
- Ortalama ivmelenme : 1.17 m/s<sup>2</sup>
- Km'deki duruş sayısı : 11

New York Bus çevrimi Şekil 2.25.'de sunulmuştur [12]:



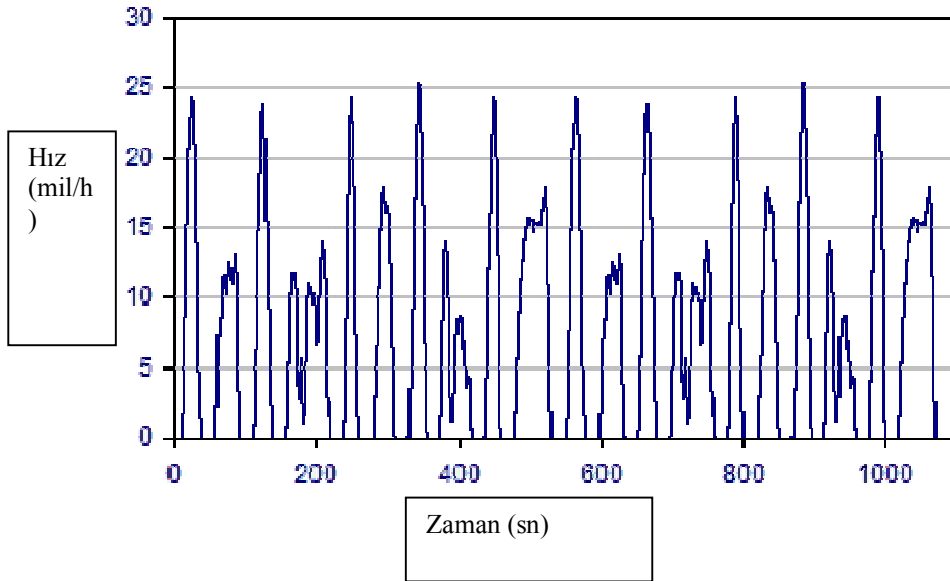
Şekil 2.25. NYBus Sürüş Çevrimi

### 2.5.6.2. Manhattan otobüs çevrimi

The Manhattan Bus çevrimi özellikle şehir içi otobüslerinde bulunan ağır vasıta araçları için şasi dinamometrede yapılan bir çevrimdir. Bu çevrim Manhattan şehrinin güncel otobüs trafik durumunu temsil etmektedir. Seçilen parametrele aşağıdaki gibidir:

- Süre : 1089 s
- Maximum hız : 40.88 km/h (25.4 mph)
- Ortalama hız : 11.0 km/h (6.8 mph)

Manhattan sürüş çevrimi Şekil 2.26.' da sunulmuştur [12].

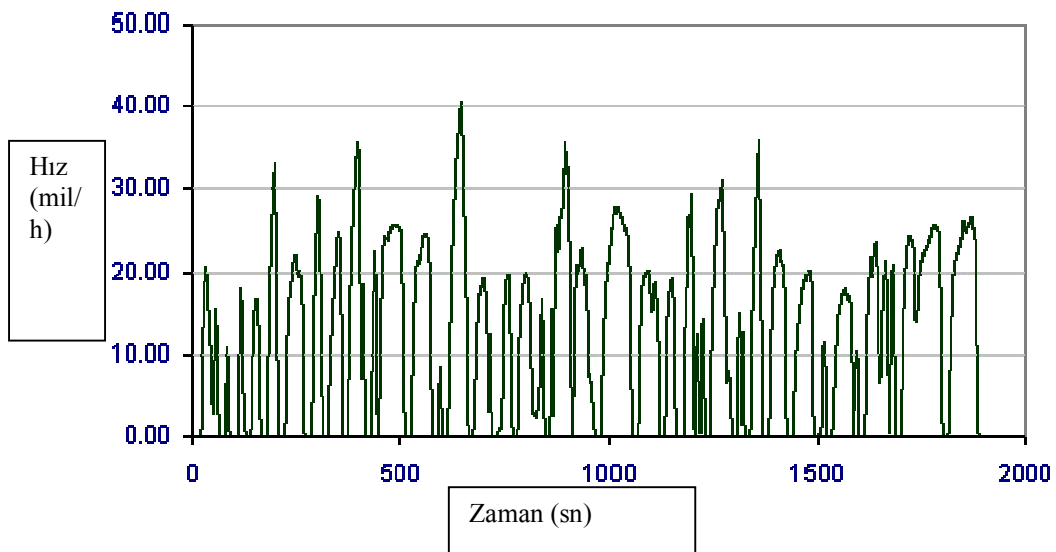


Şekil 2.26. Manhattan Sürüş Çevrimi

### 2.5.6.3. Orange County otobüs çevrimi

Orange County Bus çevrimi özellikle şehir içi otobüslerinde bulunan ağır vasıta araçları için şasi dinamometrede yapılan bir çevrimdir. West Virginia Üniversitesi (WVU) tarafından geliştirilen bu çevrimde Los Angeles, California bölgesinin trafik durumları temel alınmıştır.

Çevrimin süresi ve hız değerleri Şekil 2.27.' de sunulmuştur [12].



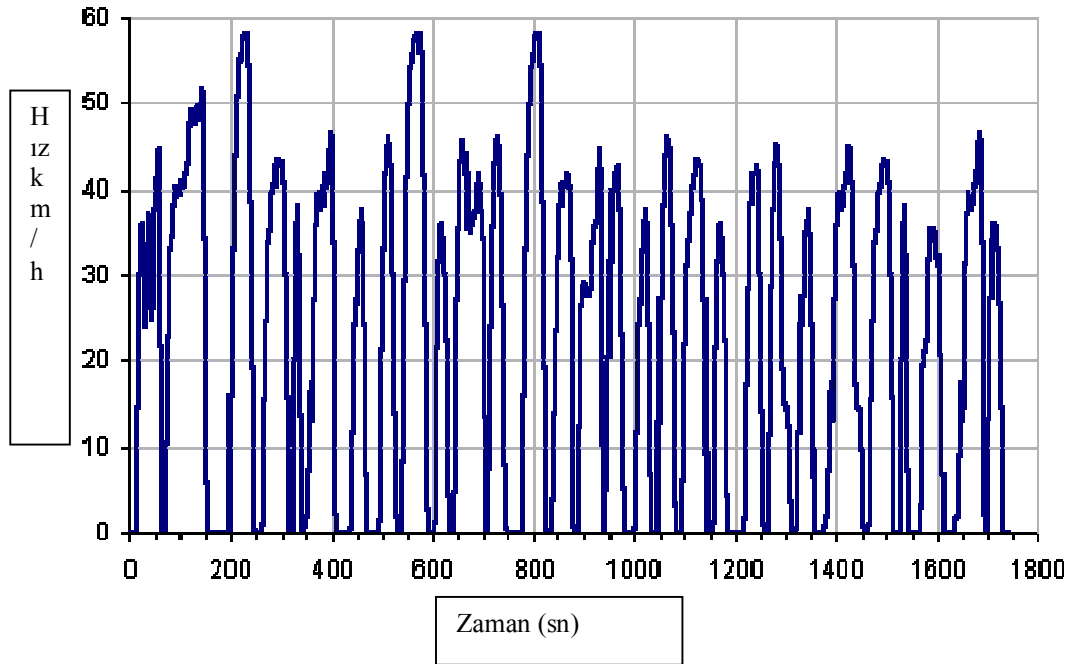
Şekil 2.27. Orange County Sürüş Çevrimi

#### 2.5.6.4. Braunschweig Şehri Sürüş Çevrimi

The Braunschweig şehri sürüş çevrimi; Braunschweig Teknik üniversitesi tarafından geliştirilmiştir. Değişken trafik durumlarının zaman çizelgesinin çıkarılması ile şasi dinamometrede yapılan bir çevrimdir. Çevrimin karakteristik özellikleri aşağıdaki şekildedir:

- Süre : 1740 s
- Ortalama hız : 22.9 km/h
- Maximum hız : 58.2 km/h
- Mesafe : yaklaşık 11 km

Çevrimin süresi ve hız değerleri Şekil 2.28.' de sunulmuştur [12].



Şekil 2.28. Braunschweig Sürüş Çevrimi

## **BÖLÜM 3. SAKARYA'DA BELEDİYE OTOBÜSLERİNİN ÇALIŞMA KARAKTERİSTİKLERİ**

### **3.1. Adapazarı Belediye Otobüsleri Tarihçesi**

Adapazarında gerçek anlamda toplu taşıma 1975 yılında alınan toplu taşımaya yönelik kısa 0302 marka otobüslerle başladı. Daha önce belediyenin az sayıda otobüsleri vardı ancak düzenli seferler bu tarihlerde başlar. (Bu otobüsler halen belediyenin elinde olup kullanılmaktadır.)

Daha sonra Almanya'dan kullanılmış Man Bussing Marka otobüsler getirilir. O yıllarda dışarıdan sıfır otobüs ithal etmek çok zor ve pahalı bir yöntemdi. Ancak bu şekilde hibe şeklinde alınan otobüsler getirilirdi. Bussing marka otobüsler kullanılmış olmasına rağmen oldukça sağladı. Şu an AKM önünde trafiğe kapatılan alana ilk partide getirilen 10 yakın otobüs sıralanmıştı. Üzerlerinde Almanca reklamlar, yine otobüsün içinde Almanca uyarı işaretleri vardı. Bu uyarı işaretleri seferden kaldırılana kadar sökülmedi. Bu otobüsler 20'ye yakın getirildi ve Adapazarında 30-50 arasındaki numaraları aldılar. Bir süre kendi renklerinde sefer yaptıktan sonra Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi hakiki belediye otobüs rengi olan krem-kırmızıya boyandılar.

O 305 marka otobüsleri bussingler gibi ön ve orta kapıları vardı. İniş düğmeleri ve oturma düzeni yine hemen hemen aynıydı. Onları ayıran en büyük özellik tam otomatik vites olmaları ve o yıllara göre modern çizgilere sahip olmaları ve oldukça sessiz olmalarıydı. Bu otobüslerde 1994 yılına kadar görev yaptılar. 1980 yılların ikinci yarısında iki adet salon tip yerli üretim 0302 marka otobüs alınıp sefere konmuştur. Bu otobüsler halen seferdedir.

1990 yıllarının başında 8 adet 3 kapılı yerli Man otobüs alınarak sefer konuldu, bu otobüsleri yine 8 adet olmak üzere yerli BMC'ler izledi.



Şekil 3.1. Sakarya'da ilk belediye otobüsleri

1994 yılına gelindiğinde Adapazarı Belediyesinin elinde 40'a yakın yukarıda saydığımız otobüs tiplerinden oluşan filo vardı. Ancak 1994 yılı Adapazarı'nda Belediye adına toplu taşımacılığın bittiği yıl oldu. O yılki seçimlerde göreve gelen belediye başkanı zarar ettiği gerekçesi ile şehir içi toplu taşımacılığı özel sektöre devretti ve elindeki şu an kullandığı 0 302 hariç tüm araçları elden çıkarttı. Çıkartmadığını hurdaya yolladı. Hurdaya gidenler tabii ki Almanya'dan getirilen Bussing ve 0 307 marka otobüsler oldu. Sonradan alınan Man ve BMC leri özel şirket devraldı.

Ancak özel şirketin bu işi kaldıramayacağı kısa sürede belli oldu. Önceleri gecikmeli seferlerle başlayan tarifeler otobüsün tam dolu olmadığı seferleri kaldırmamasına kadar uzadı. Köy hatlarına eski otobüsleri verdiler. 2-2,5 yıl sonra Belediye yaptığı büyük hatanın farkına vardı ve toplu taşımacılığı tekrar geri aldı ama iş işten geçmiş yaklaşık 20 yılda oluşturulan filo dağıtılmıştı. Elde kalan otobüslere küçük yeni otobüsler takviye edilmiştir. Daha sonra yeniden belediye işi ele aldı ancak eski hava yoktu. Tabii bu tarihlerde şehir içi ulaşım tamamen dolmuş taksi ve dolmuş minibüslere teslim edildi. Açıkçası şehir halkıda Belediye otobüsünden daha kısa sürede kalkan ve her yerde duran bu ulaşım tarzını benimsedi.

1999 yılındaki depremden sonra Belediyeye hibe edilen Mercedes ve Man marka otobüsler uzun yıllar sonra şehire gelen ilk salon tip otobüsler oldu.. Daha sonra yine hibe yoluyla gelen 3 adet otobüs bunları izledi.. Yeni Belediyeler yasası ile alt



belediyelerin yaptığı otobüs işletmesi Büyükşehir devir edilince alt Belediyelerin otobüsleride Büyükşehir devir edildi ve uzun süre sonra yeniden bir filo oluştu.. Bu devir edilen otobüslerde büyük olanları Arifiye Belediyesinin salon tip 0 304 tip otobüsüydü.

Şu an Belediyenin elindeki 10'a yakın büyük otobüs Üniversite hattı ve yeni yerleşim hattında kullanılmaktadır.. Küçük otobüsler ise kar bırakmayan mahalle hatlarına verilmiştir.. İlçe ve köy ulaşimleri ise tamamen Özel Halk otobüsleri ile sağlanmaktadır [19].

### 3.2. Sakarya Büyükşehir Belediye Otobüsleri

Şekil 3.2.'de görülen 2 kapı numaralı Bmc belde 220-CB otobüsler belediyeye bir otomobil fabrikası tarafından hediye olarak verilmiştir. 3 tane olarak hibe edilen bu otobüsler yoğunluğu fazla olan kampüs ve karaman hatlarına verilmektedir.



Şekil 3.2. Sakarya'da Yeni Otobüsler

Her şehirde olduğu gibi Adapazarı'nda da Şekil 3.3.'de gösterilen Mercedes 302'ler bulunmaktadır. Mercedesler 7, 16, 17, 18, 19 kapı numaralıdır. Çoğu uzun model bazıları da kısa modeldir. Çoğunlukla Maltepe hatlarına verilmektedirler.



Şekil 3.3. Sakarya'da Eski Otobüsler

Şekil 3.4.'de gösterilen belediyenin filosunda en çok yer alan araçlar olan Iveco'nun değişik modelleridir. Daha çok kısa hatlara verilmektedirler.



Şekil 3.4. Sakarya'da İveco Marka Otobüsler

Belediyenin bunlar haricinde deprem senesinde fabrikalardan hibe olarak gelen bir Man SL 232 ve Mercedes 0345 solo otobüsü de vardır. Ayrıca 6 tane 3 kapılı yeni otobüs ihalesi büyükşehir belediyesi tarafından yapılmıştır.

Otobüs Durakları; Durak Levhasının alt kısmında Sakarya Büyükşehir Belediyesinin amblemi bulunmaktadır. Duraklara isim verilmemiş olması büyük eksikliklerdir. Durakların genel bakım ve temizliği Şekil 3.5.'de görüldüğü gibi iyi durumdadır [19].



Şekil 3.5. Sakarya'da Otobüs Durakları

### 3.3. Sakarya'daki Motorlu Taşıtların Durumu

2007 yılı verileri itibariyle Sakarya İli'ndeki karayolu taşıt sayıları; otomobil sayısı %7,2 artışla 63 bin 575'e, minibüs sayısı %4,7 artışla 3 bin 723'e, otobüs sayısı %8,5 artışla 2 bin 847'e, kamyonet sayısı %9,9 artışla 23 bin 420'e kamyon sayısı %3,4 artışla 9 bin 44'e, traktör sayısı %1,4 artışla 28 bin 566'ya ve motosiklet sayısı %14,3 artışla 17 bin 767'e olmak üzere toplam taşıt sayısı %7,1 oranında artarak 151 bin 399'a yükselmiştir.

2007 yılı verilerine göre Sakarya İli'ndeki motorlu kara taşıtları toplamı Türkiye genelindeki motorlu kara taşıtları içindeki payı %1,2'dir.

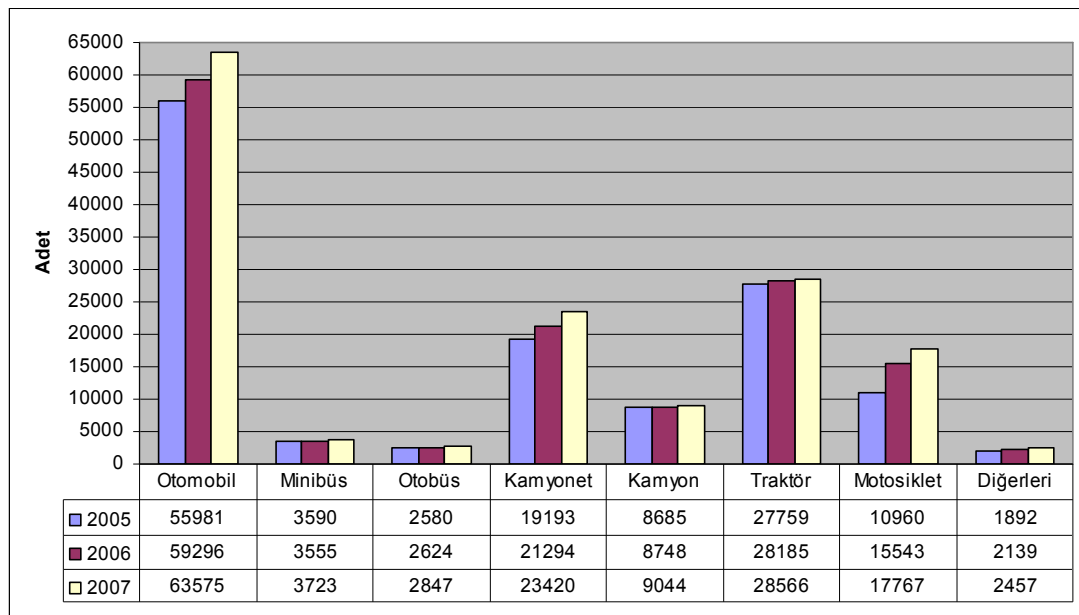
Sakarya'daki motorlu taşıtların istatistikleri Sakarya Emniyet Müdürlüğü Trafik Şubesinden alınmıştır. Veriler Kasım ayı sonu itibariyle hazırlanmıştır.

Araştırmamızda ise Sakarya Büyükşehir Belediyesine ait belediye otobüslerinin hava kirliliğine etkisi konu alınmıştır. Bu yüzden belediye otobüslerinin incelenmesi gerekmektedir.

Tablo 3.1. Sakarya karayolu taşıt istatistikleri

KARA TAŞITLARI	2005	2006	2007	Değişim %
Otomobil	55 981	59 296	63 575	7,2
Minibüs	3 590	3 555	3 723	4,7
Otobüs	2 580	2 624	2 847	8,5
Kamyonet	19 193	21 294	23 420	9,9
Kamyon	8 685	8 748	9 044	3,4
Traktör	27 759	28 185	28 566	1,4
Motosiklet	10 960	15 543	17 767	14,3
Diğerleri	1 892	2 139	2 457	14,9
TOPLAM	130 640	141 384	151 399	7,1

Tablo 3.2. Sakarya Karayolu Taşıt İstatistikleri



### 3.4. Belediye Otobüslerinin İncelenmesi

#### 3.4.1. Emisyon envanterinin hazırlanmasında izlenen metodoloji

Sakarya'da bulunan belediye otobüslerinin egzoz emisyon envanterlenmesinin hazırlanması için gerekli olan ve kullanılan verilerin açıklaması bu bölümde yer almaktadır. Bu araştırma esnasında, emisyon miktarlarını bulma açısından öncelikle taşıtların model, marka, motor gücü ve ağırlık gibi özelliklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple; bu bilgilere ulaşabileceğimiz kurum olan Sakarya Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı'na gidildi. Burada taşıtlara ait ruhsat bilgileri alındıktan sonra bu bilgiler düzenlendi ve araştırmanın diğer önemli aşaması için bilgi arayışına girildi.

Sakarya'daki belediye otobüslerinin emisyon miktarlarını hafife alınamayacak oranda etkileyen diğer faktör ise taşıt aktiviteleridir. Taşıt aktiviteleri, kullanım şekilleri, mesafeler, trafik içindeki dur kalk fonksiyonları gibi parametrelerin bütünüdür. Ulaşımdan dolayı olarak havanın kirlenmesi göz önünde bulundurulduğunda taşıtların en az dur kalk ile mesafeleri almaları gerekmektedir. Ancak araştırmada belediye otobüslerinin trafik ışıkları ve yolcuların indi-bindi işlevlerinden dolayı mesafeleri durmadan almaları imkânsızdır.

Bir başka taşıt aktivitesi olan belediye otobüsleri şoförlerinin taşıtları kullanım şekilleri de dikkate alınmıştır. Çünkü emisyon faktörlerinde ani hızlanma, yavaşlama ve sabit hızda gitme kıstasları da önemli yer tutmaktadır. Sonuçta emisyon miktarlarının düşük bir değerde çıkması için motorda tam yanmanın olması gerekmektedir. Tam yanmanın olmadığı durumlarda motordan çıkan zehirli gaz oranı daha fazladır.

Taşıt aktivitelerini kullanarak emisyon faktörlerine ulaşırken kullanım şekillerinin ve dur kalk fonksiyonlarının emisyonla olan etkileri düşünülmüştür. Buradan şehir trafiğinde oluşan emisyon faktörlerine ulaşılmıştır. Taşıt aktivitelerine ulaşırken Ulaşım Daire Başkanlığı yardımcı olmuştur. Ulaşım Daire Başkanlığından alınan bilgilere göre Sakarya şehir içi güzergâhlarında çalışan belediye otobüslerine ait 29 güzergâh bulunmaktadır. Sakarya'da bulunan toplam belediye otobüsü güzergâhlarına ait bazı bilgiler Tablo 3.3.'te verilmiştir.

Sakarya'da toplam 72 belediye otobüsü çalışmakta ve taşıtlar aylık olarak genel bakıma girmektedir. Belediye otobüsleri ağır taşıt sınıfına ait olduğu için yakıt tüketimi 3,5km'de 1L'dir. Bu bilgi Ulaşım Daire Başkanlığı'na bağlı Makine İkmal Müdürlüğünden öğrenilmiştir. Araştırma için seçilen 10 güzergâhta günlük 3855 TL'lik yakıt tüketimi olmaktadır. Buradan taşıtların ortalama 0,65 TL/km'lik bir yakıt tüketimi olduğu anlaşılmaktadır.

Araştırmada Sakarya'yı temsil edici nitelikte olduğu düşünülerek 10 güzergâh seçilmiştir. Bu güzergâhların seçiminde tur sayıları, güzergâh uzunlukları, tur süreleri ve hatta çalışan araç sayısı dikkate alınmıştır. Bu güzergâhların otobüs aktiviteleri Tablo 3.4.'te verilmiştir.

Tablo 3.3. Sakarya'daki Tüm Belediye Otobüsü Güzergâhları

<b>Güzergâh Adı</b>	<b>Güzergâhın Uzunluğu (km)</b>	<b>Süre (dk)</b>	<b>Tur Sayısı (tur/gün)</b>
Küpçüler	15	50	17
Hızırtepe	20	50	32
Yeşiltepe	20	50	33
Beşköprü	26	50	16
Ulusokak-32 Evler-	21	52	14
Yıldıztepe	22	60	30
Maltepe (Tam)	11	31	16
Maltepe (Buçuk)	14	36	17
Maltepe (Altyol)	14	45	15
Deveoğlu	9	26	29
SSK-Şeker-Yazlık	21	70	9
SSK-Dernekkırı	15	60	9
Ulusokak-Lojmanlar	14	45	18
Kampüs-Yenicami	22	60	32
Kampüs-Serdivan	21	50	29
Adatıp-şimşek-Özlem	12	40	17
Adatıp-Yıldız	12	40	18
Serdivan-Çark-Turnike	15	51	34
32Evler-Altınova	14	40	16
Karaman K.K.	42	80	49
Camili	40	70	48
Toki-Korucuk	44	70	17
SSK-Ozanlar-Emirdağ	27	60	9
Kırkpınar	50	95	11
D.Hast.-Korucuk Arş.	29	40	8
Camili -Kampüs	37	75	1
Karaman-Kampüs	34	70	1
Korucuk-Kampüs	36	80	1

Tablo 3.4. Seçilen Güzergâhlara Ait Otobüs Aktiviteleri

<b>Güzergâhlar</b>	<b>Toplam Mesafe (km)</b>	<b>Gün İçi Tur</b>	<b>Gün İçi Araç</b>	<b>Bir Tur Süresi (dk)</b>
32 Evler-Ulu Sk.- Adaşehir	21	14	1	52
Maltepe-Çarşı	11	16	1	31
Yıldıztepe-Sanayi	22	30	2	60
Karaman-Yenikent	42	49	5	80
Çark cad.- Serdivan-Turnike	15	30	2	51
Kampus-Yenicami	22	32	2	60
Küpçüler	15	17	1	50
Deveoğlu	9	29	1	26
Hızırtepe	20	32	2	50
SGK-Şeker-Yazlık	21	9	1	70
<b>TOPLAM</b>	<b>225</b>	<b>267</b>	<b>19</b>	<b>620</b>

### 3.4.2. Belediye otobüslerinden kaynaklanan kirliliğe etki eden faktörler

Motorlu taşıtlar özellikle ağır motorlu taşıtlar çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu olumsuz şartları oluşturan birçok unsur bulunmaktadır. Otobüslerin trafik içindeki aktiviteleri, modelleri, markaları, yakıt türleri, kullanım özellikleri başlıca unsurlardır. Bu unsurların incelenmesi belediye otobüslerinden kaynaklanan kirliliğin boyutlarını verecektir.



### 3.4.3. Belediye otobüslerin yakıt türü

Belediye otobüslerinde dizel motor bulunmakta ve yakıt olarak kırsal motorin kullanılmaktadır.

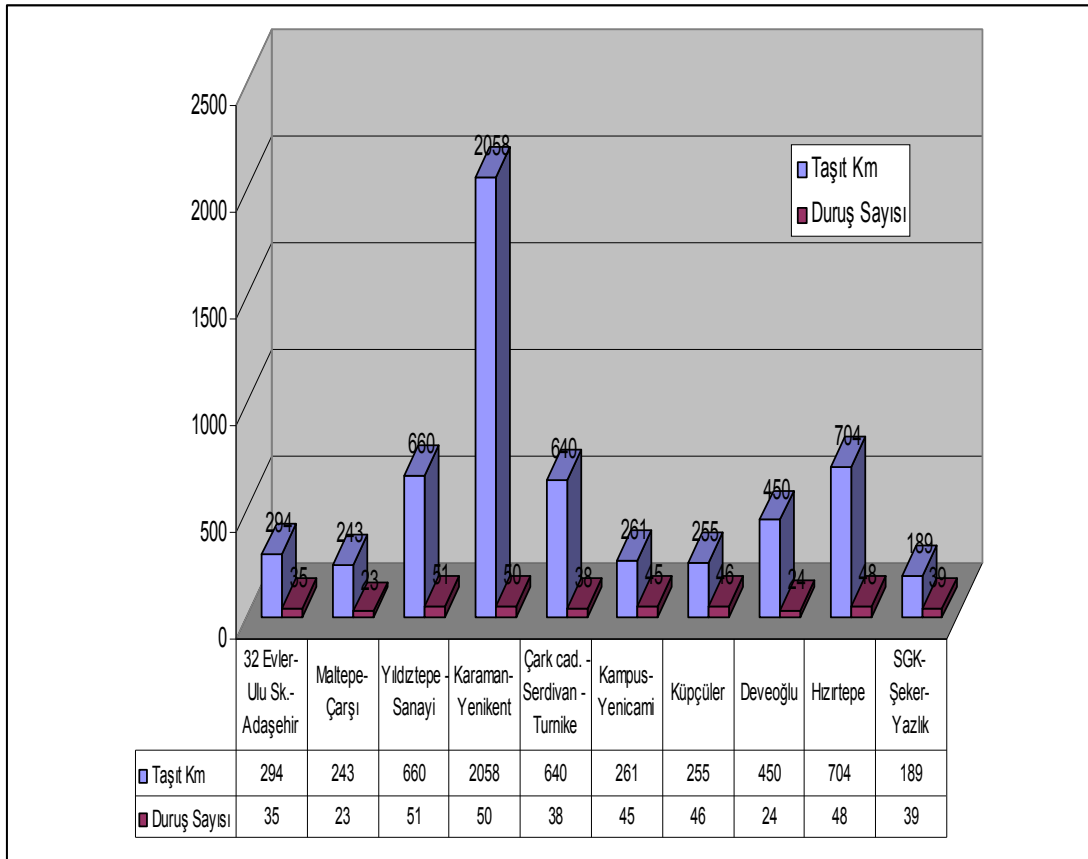
Kırsal motorin, motorin 2000 ve motorin 7000 olmak üzere 2 çeşittir. Motorin, ham petrolün rafine edilmesiyle ortaya çıkan birçok maddenin fiziksel karışımı sonucunda elde edilir. Rafine sanayi ham petrolü ayırlamaya (vakumda damıtma) ve kimyasal olarak dönüştürmeye (hidrojenli kükürt giderme, katalitik) dayanan çok sayıda işlem gerçekleştirir. Bu işlemler motorinlerin birleşimlerinde yer alan birçok temel maddenin elde edilmesini sağlar.

Motorinler, çok farklı fiziksel ve kimyasal özellikleri bulunan alabildiğine yüksek sayıda hidrokarbonun karmaşık karışımıyla meydana gelir. Motorin üretiminde yasal oranlara uyulur. Motorinin en hassas özellikleri ise setan sayısı, kükürt oranı ve soğuğa dayanıklılığıdır. Setan sayısı; motorinin dizel motorun yanma odasında kendi kendine tutuşma yatkınlığını gösterir. Başka bir deyişle, çok düşük setan sayısı, yani çok uzun bir kendi kendine tutuşma süresi, geç, eksik ve şiddetli bir yanmaya yol açmaktadır. Bu durumda; verim düşer, yakıt tüketimi ve havayı kirleten gazların emisyon miktarları artar. Soğuğa dayanıklılık; benzin ya da kerosen gibi petrol ürünü daha hafif yakıtların tersine motorin, düşük sıcaklıklarda saydamlığını ve akışkanlığını kaybetmektedir. Bu olay, özellikle kış aylarında, çoğunlukla dizel araçların filtrelerindeki tıkanmalara bağlı kullanım sorunlarına yol açmaktadır. Kükürt oranı; benzin ve gaz yağında çok az miktarda bulunan kükürt motorinde ağırlıkça %1 oranında bulunabilmektedir. Motorinin ihtiva ettiği bu kükürt miktarı en önemli karakteristik özelliklerinden biridir. Yakıt içerisinde kükürt varsa bu kükürtle yakıt beraber yanar, kükürt dioksit ( $SO_2$ ) veya daha fazla oksijenle birleşerek kükürt trioksit ( $SO_3$ ) oluşmaktadır. Yakıtın yanmasından dolayı oluşan su buharıyla  $SO_3$  'ün birleşmesinden meydana gelen sülfirik asit ( $H_2SO_4$ ) çok şiddetli bir aşındırıcı olduğu için motor elemanlarının aşınmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple yakıttaki fazla kükürt motor için büyük tehlike arz etmektedir. Kırsal motorinin içindeki kükürt oranı hayli fazla olduğundan motor için zararlıdır.

### 3.4.4. Otobüs kilometreleri

Sakarya’da çalışan belediye otobüslerinin aldıkları mesafelerin incelenmesi araştırma açısından önemli bir aşamadır. Bir gün içinde otobüslerin kat ettikleri mesafelerin toplamı otobüs kilometresini vermektedir. Otobüs kilometrelerinin seçilen 10 güzergâha göre dağılımları aşağıda Tablo 3.5.’de gösterilmektedir.

Tablo 3.5. Güzergâhlara Göre Otobüs Kilometreleri



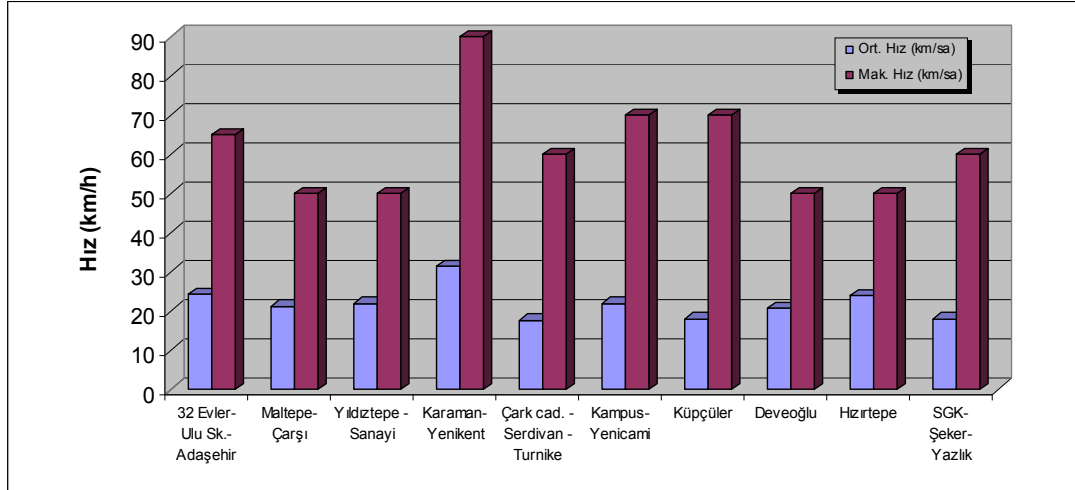
Grafikten görüldüğü üzere Karaman-Yenikent güzergâhının en uzun hat olması ve araç yoğunluğunun fazla olması sebebi ile en fazla Otobüs kilometresine sahip olan hattır. Bu da hava kirliliği açısından yüksek kirlilik yaratan hat olduğunu göstermiştir.

### 3.4.5. Otobüslerin seyir şekilleri

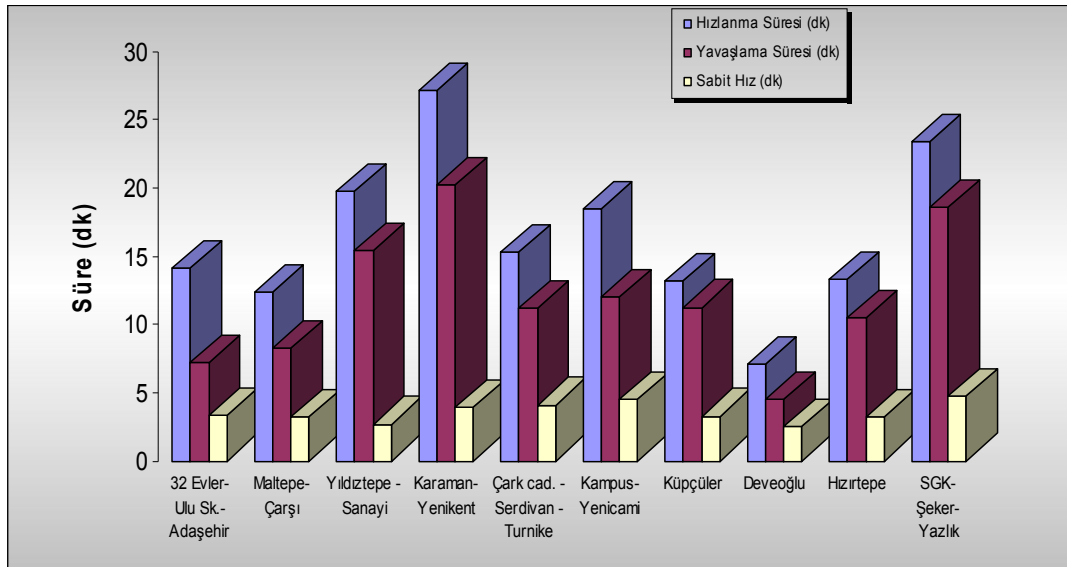
Ağır motorlu otobüslerin yolda seyir şekilleri de hava kalitesini etkileyen bir faktördür. Belediye otobüslerinin hızlanma, yavaşlama, sabit hızda gitme süreleri emisyon faktörünü etkileyen parametrelerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda

incelenen güzergâhlardaki otobüslerin durma süreleri, duruş sayıları, hızlanma süreleri, yavaşlama süreleri, sabit hız süreleri, çevrim süreleri, ortalama hızları ve maksimum hızları Tablo 3.6.'da verilmiştir. Tablo 3.7.'de görüldüğü üzere en fazla hızlanma ve yavaşlama sürelerine, ortalama ve maksimum hıza sahip olan Karaman-Yenikent güzergâhidir.

Tablo 3.6. Otobüslere Ait Ortalama ve Maksimum Hız Verileri



Tablo 3.7. Otobüslere Ait Hızlanma, Yavaşlama ve Sabit Hız Süreleri



Tablo 3.8. Güzergâhlara Göre İvmelenmeden Kaynaklanan Yakıt Sarfiyatının Bulunması

Güzergah	Zaman	m(kg)	V (m/s n)	E (joule)	Q (joule)	Yakıt Sarfiyatı m yakıt(kg )	Tur Sayısı (tur/g ün)	Dur uş Sayı sı	Topla m Yakıt Sarfiya tı (kg)	İvmelenmeden Kaynaklanan Toplam Yakıt (lt)
32 Evler	sabah	10578	6,73	239594	1197969	0,030	14	35	14,665	51,56
	öğle	9038	6,73	204712	1023562	0,026	14	35	12,530	
	akşam	10886	6,73	246570	1232850	0,031	14	35	15,085	
Maltepe	sabah	8578	5,91	150004	750019	0,019	16	23	6,900	23,73
	öğle	7038	5,91	123074	615369	0,015	16	23	5,658	
	akşam	8578	5,91	150004	750019	0,019	16	23	6,900	
Yıldıztepe	sabah	7136	6,11	133249	666247	0,017	30	51	25,500	87,63
	öğle	5848	6,11	109199	545994	0,014	30	51	20,859	
	akşam	7136	6,11	133249	666247	0,017	30	51	25,500	
Karaman (x10)	sabah	13928	8,75	533200	2666002	0,067	49	50	163,300	588,72
	öğle	13015	8,75	498230	2491152	0,062	49	50	152,600	
	akşam	14233	8,75	544857	2724285	0,068	49	50	166,850	
Serdivan	sabah	7216	4,90	86726	433632	0,011	30	38	12,350	41,34
	öğle	5368	4,90	64516	322580	0,008	30	38	9,196	
	akşam	7216	4,90	86726	433632	0,011	30	38	12,350	
Kampüs	sabah	14520	6,11	271130	1355648	0,034	32	45	48,825	187,19
	öğle	14170	6,11	264594	1322971	0,033	32	45	47,610	
	akşam	16970	6,11	316878	1584390	0,040	32	45	57,060	
Küpçüler	sabah	6292	5,00	78650	393250	0,010	17	46	7,682	26,76
	öğle	5368	5,00	67100	335500	0,008	17	46	6,578	
	akşam	6292	5,00	78650	393250	0,010	17	46	7,682	
Devoğlu	sabah	6600	5,77	109845	549227	0,014	29	24	9,552	31,70
	öğle	5060	5,77	84215	421074	0,011	29	24	7,320	
	akşam	6292	5,77	104719	523596	0,013	29	24	9,120	
Hızırtepe	sabah	6653	6,67	147844	739222	0,018	32	48	28,368	102,15
	öğle	6009	6,67	133533	667667	0,017	32	48	25,632	
	akşam	6975	6,67	155000	775000	0,019	32	48	29,760	
Şeker-Yazlık	sabah	5984	5,00	74800	374000	0,009	9	39	3,276	11,56
	öğle	5060	5,00	63250	316250	0,008	9	39	2,769	
	akşam	6292	5,00	78650	393250	0,010	9	39	3,432	

Tablo 3.8.'de gösterilen;

- m (kg) değerini bulmak için yapılan anket sonucunda bulunan doluluk oranları ile ortalama insan ağırlığı (70kg) çarpılarak elde edilen değerlere araçların ruhsatlarından alınan net ağırlıkları toplanarak elde edilir.
- Vdeğeri seyir halinde ulaşılan maksimum hız değerleridir.
- E olarak gösterilen ivmelenme enerjisi, kinetik enerji formülü ile elde edilmiştir.  $E=1/2.m.V^2$

- Q değeri;dizel araçların %20 verimli olması dolayısı ile bulunan E değerinin 0,2 ye bölünmesiyle elde edilmiştir.
- Yakıt sarfiyatı hesabı;  $Q=m.Q_{LHV}$  ile hesaplanmıştır.( $Q_{LHV}=40000\text{kJ/kg}$  olup yakıtın alt ısıl değeridir.)
- Toplam yakıt sarfiyatı (kg); tur sayısı,duruş sayısı ve yakıt sarfiyatının çarpımıyla elde edilmiştir.
- İvmelenmeden Kaynaklanan Toplam Yakıt (lt); Toplam yakıt sarfiyatının 0.82 kg/lt motorin yoğunluğuna bölünmesi ile hesaplanmıştır.

Tablo 3.9. Toplam Yakıt Sarfiyatının Bulunması

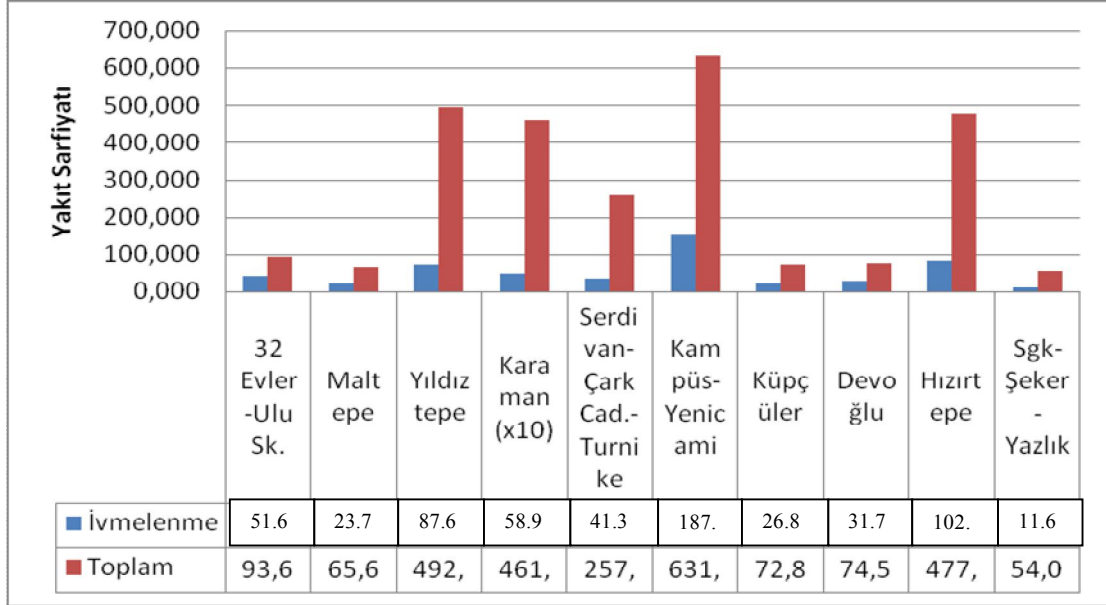
Güzergah	Turluk km	Tur sayısı	Araç sayısı	Toplam km	Km- 1 lt	Top. Km/ 1lt yakıt km	%
32EVLER	21	14	1	294	3.14	93.63	45
MALTEPE	11	16	1	176	2.68	65.67	30
YILDIZTPE	22	30	2	1320	2.68	492.54	15
KARAMAN	42	49	5	10290	2.23	4614.35	11
SERDIVAN	15	30	2	900	3.5	257.14	13
KAMPÜS	22	32	2	1408	2.23	631.39	24
KÜPÇÜLER	15	17	1	255	3.5	72.86	30
DEVOĞLU	9	29	1	261	3.5	74.57	17
HIZIRTEPE	20	32	2	1280	2.68	477.61	18
YAZLIK	21	9	1	189	3.5	54.00	18
TOPLAM	198	258	18	16373	29.64	6833.76	14(ort)

Adapazarındaki seçilen 10 güzergâhta yapılan incelemeler sonucunda her taşıt için sabah, öğle ve akşam saatleri olmak üzere doluluk oranları bulunmuştur. Her bir güzergahta toplam taşıt ağırlığını bulurken taşıtların net ağırlığı ve yapılan incelemelerdeki doluluk oranları ile hesaplanmış yolcu ağırlığı toplanmıştır. Bulunan toplam ağırlık kullanılarak  $E=1/2.m.V^2$  kullanılarak ivmelenme enerjisi bulunmuştur. Bu enerji ile tüm güzergâhlar için ivmelenmeden kaynaklanan tasarruf edilebilir yakıt sarfiyatı hesaplanmıştır.

Hesaplamalar incelendiğinde Karaman-akşam saatlerinde bulunan değerler en yüksek ivmelenmeden kaynaklanan tasarruf edilebilir yakıt sarfiyatı olduğu görülmüştür. Ayrıca aynı yöntemle hesaplanmış Tablo 3.9.'da gösterilen toplam

yakıt sarfiyatı ile ivmelenmeden kaynaklanan tasarruf edilebilir yakıt sarfiyatları karşılaştırıldığında toplam %14'tür.

Tablo 3.10. İvmelenmeden Kaynaklanan Yakıt Sarfiyatı (lt) İle Toplam Yakıt Sarfiyatının (lt) Kıyaslanması



Tablo 3.11. İvmelenmeden Kaynaklı Tasarruf Edilebilen Yakıt Sarfiyatının Toplam Yakıt Sarfiyatına Oranı

Güzergah	Yakıt oranı
32 Evler	45%
Maltepe	30%
Yıldıztepe	15%
Karaman	11%
Serdivan	13%
Kampüs	24%
Küpçüler	30%
Devoğlu	17%
Hızırtepe	18%
Yazlık-Şeker	18%

Tablo 3.12. İvmelenmeden Kaynaklanan Tasarruf Edilebilir Yakıt Sarfiyatından Kaynaklı Emisyon Faktörleri ve Hesaplanan Emisyon Değerleri

Güzergâh	Yakıt sarfiyatı	CO 15,71Xg/k g	NOx 49.18Xg/k g	NMVOC 4.13Xg/ kg	CH4 0.51Xg/ kg	PM 2.15Xg/ kg	CO2 3.09Xkg/ kg
32 Evler- Ulu Sk.	14.665	230.39	721.22	60.57	7.48	31.53	45.315
	12.530	196.85	616.23	51.75	6.39	26.94	38.718
	15.085	236.99	741.88	62.30	7.69	32.43	46.613
Maltepe	6.900	108.40	339.34	28.50	3.52	14.84	21.321
	5.658	88.89	278.26	23.37	2.89	12.16	17.483
	6.900	108.40	339.34	28.50	3.52	14.84	21.321
Yıldıztepe	25.500	400.61	1254.09	105.32	13.01	54.83	78.795
	20.859	327.69	1025.85	86.15	10.64	44.85	64.454
	25.500	400.61	1254.09	105.32	13.01	54.83	78.795
Karaman	163.30	2565.44	8031.09	674.43	83.28	351.10	504.597
	152.60	2397.35	7504.87	630.24	77.83	328.09	471.534
	166.85	2621.21	8205.68	689.09	85.09	358.73	515.567
Serdivan	12.350	194.02	607.37	51.01	6.30	26.55	38.162
	9.196	144.47	452.26	37.98	4.69	19.77	28.416
	12.350	194.02	607.37	51.01	6.30	26.55	38.162
Kampüs	48.825	767.04	2401.21	201.65	24.90	104.97	150.869
	47.610	747.95	2341.46	196.63	24.28	102.36	147.115
	57.060	896.41	2806.21	235.66	29.10	122.68	176.315
Küpçüler	7.682	120.68	377.80	31.73	3.92	16.52	23.737
	6.578	103.34	323.51	27.17	3.35	14.14	20.326
	7.682	120.68	377.80	31.73	3.92	16.52	23.737
Devoğlu	9.552	150.06	469.77	39.45	4.87	20.54	29.516
	7.320	115.00	360.00	30.23	3.73	15.74	22.619
	9.120	143.28	448.52	37.67	4.65	19.61	28.181
Hızırtepe	28.368	445.66	1395.14	117.16	14.47	60.99	87.657
	25.632	402.68	1260.58	105.86	13.07	55.11	79.203
	29.760	467.53	1463.60	122.91	15.18	63.98	91.958
Şeker- Yazlık	3.276	51.47	161.11	13.53	1.67	7.04	10.123
	2.769	43.50	136.18	11.44	1.41	5.95	8.556
	3.432	53.92	168.79	14.17	1.75	7.38	10.605
<b>TOPLAM</b>	<b>944.90</b>	<b>14844.5</b>	<b>46470.6</b>	<b>3902.47</b>	<b>481.90</b>	<b>2031.5</b>	<b>2919.76</b>

Tablo 3.13. Toplam Yakıt Sarfiyatından Kaynaklanan Emisyon Miktarları

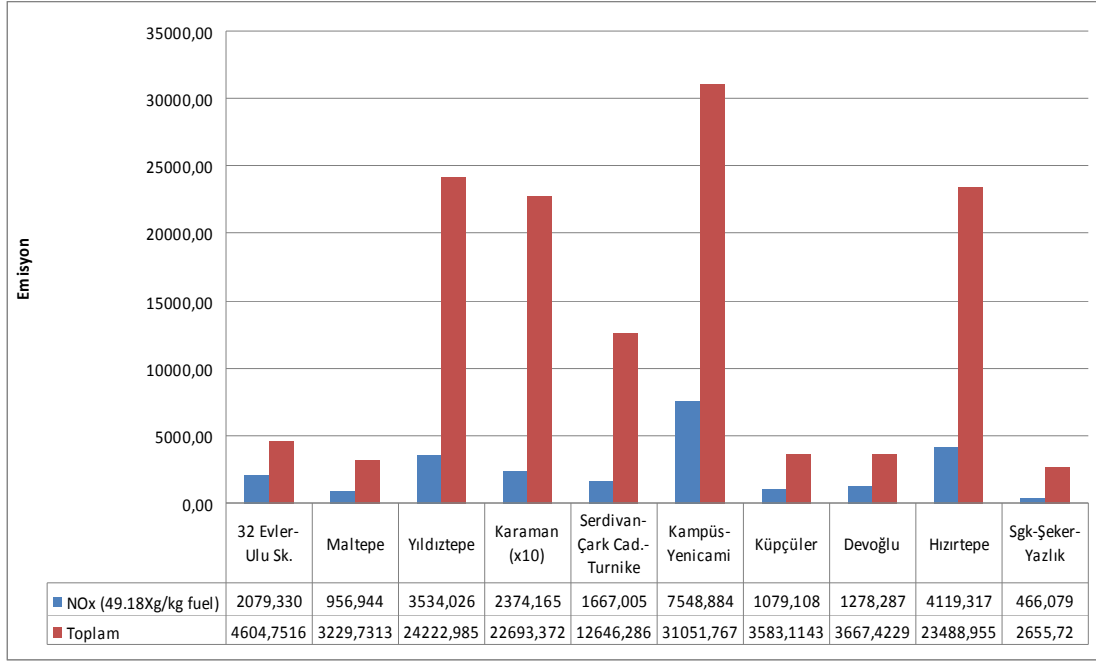
Güzergah	Top. Km/1lt lik yakıt km	CO (15.71Xg /kg fuel)	NOx (49.18Xg /kg fuel)	NM VOC (4.13Xg /kg fuel)	CH4 (0.51Xg /kg fuel)	PM (2.15Xg /kg fuel)	CO2 (3.09Xkg /kg fuel)
32EVLER	93.63	1470.94	4604.75	386.69	47.75	201.31	289.32
MALTEPE	65.67	1031.70	3229.73	271.22	33.49	141.19	202.93
YILDIZTEPE	492.54	7737.76	24222.99	2034.18	251.19	1058.96	1521.94
KARAMAN	4614.35	72491.43	226933.72	19057.26	2353.32	9920.85	14258.34
SERDİVAN	257.14	4039.71	12646.29	1062.00	131.14	552.86	794.57
KAMPÜS	631.39	9919.14	31051.77	2607.64	322.01	1357.49	1951.00
KÜPÇÜLER	72.86	1144.59	3583.11	300.90	37.16	156.64	225.13
DEVOĞLU	74.57	1171.52	3667.42	307.98	38.03	160.33	230.43
HIZIRTEPE	477.61	7503.28	23488.96	1972.54	243.58	1026.87	1475.82
YAZLIK	54.00	848.34	2655.72	223.02	27.54	116.10	166.86
TOPLAM	6833.76	107,358.41	336,084.45	28,223.44	3,485.22	14,692.59	21,116.33

Dizel motorlarda yanma sonucunda meydana gelen emisyon oluşumunun en önemli kaynağının yakıtlar olmasından dolayı tüm güzergahlara göre bulunan ivmelenmeden kaynaklı yakıt sarfiyatları ve toplam yakıt sarfiyatına bağlı ayrı ayrı tüm emisyon değerleri Bulk Emisyon faktörleriyle hesaplanmıştır.

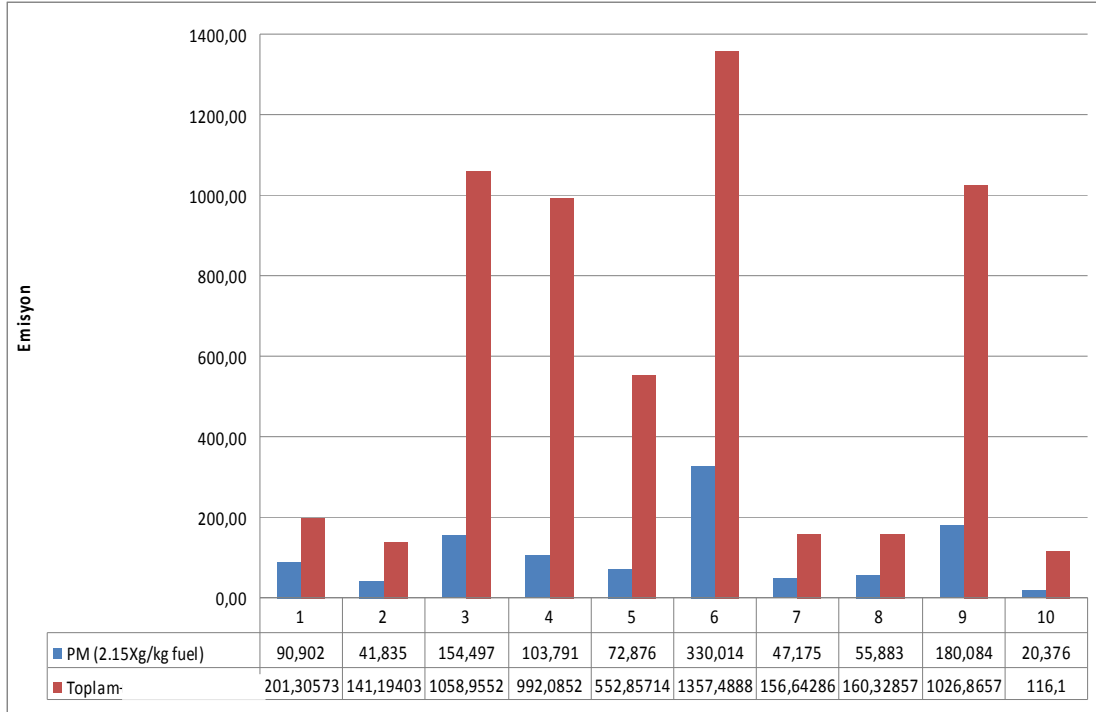
Sonuçlar incelendiğinde Karaman-akşam değerleri diğer güzergahlar içerisinde en yüksek değerleri oluşturmaktadır.



Tablo 3.14. İvmelenmeden ve Toplam Yakıt Sarfiyatından Kaynaklanan NOx Emisyonlarının Karşılaştırılması



Tablo 3.15. İvmelenmeden ve Toplam Yakıt Sarfiyatından Kaynaklanan PM Emisyonlarının Karşılaştırılması



Dizel motorlardan kaynaklanan en önemli emisyonların NOx ve PM ler olmasından dolayı çalışmamızda ivmelenmeden kaynaklanan ve tüm güzergahlardaki toplam emisyonlar karşılaştırılmıştır. Ortalama olarak tüm güzergahlar için ivmelenmeden kaynaklı tasarruf edilebilir yakıt NOx ve PM değerleri %35 olarak bulunmuştur.

Tablo 3.16. İvmelenmeden Kaynaklı Tasarruf Edilebilir Yakıt NOx-PM Oranları

<b>GÜZERGAH</b>	<b>NOX</b>	<b>PM</b>
32 Evler	45%	45%
Maltepe	30%	30%
Yıldıztepe	15%	15%
Karaman	10%	10%
Serdivan	13%	13%
Kampüs	24%	24%
Küpçüler	30%	30%
Devoğlu	35%	35%
Hızırtepe	18%	18%
Yazlık-Şeker	18%	18%

## **BÖLÜM 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Ülkemizde giderek artan hava kirliliği problemlerini çözmek için hava kirleticilerin kaynaklarını, bu kaynaklardan atmosfere verilen tür ve miktarlarını gösteren sağlıklı ve güncel envanter verilerine ihtiyaç vardır. Bu bakımdan hava kalitesi yönetiminin birinci adımı iyi bir envantere sahip olmaktır.

Emisyon envanterlerinin amacı, hava kirletici kaynakların belirlenerek bu kaynaklardan atmosfere verilen kirleticilerin miktarlarının saptanmasıdır. Bu sayede, hava kirlenmesi kontrolü ve hava kalitesinin iyileştirilmesi için daha iyi projeler ve çözüm önerilerinin üretilmesi mümkün olabilecektir. Bu çalışmaların hedefi de, Adapazarı'nın emisyon envanterinin hazırlanması, kaynakların tespit edilerek çözümler üretilmesidir.

Bu çözüm yollarından biri de ulaşım araçlarında hibrit teknolojisinin kullanılmasıdır. Ancak bu teknoloji ile verim artışı ulaşım aracının kullanım şartlarında önemli ölçüde bağlıdır. Bunun sebebi hibrit taşıtların seyir halindeyken yaptıkları dur kalklardan kaynaklanan enerji kayıplarının geri kazanımının trafik şartlarına bağlı olarak değişmesi ve bunun da emisyon oluşumunda önemli bir rol oynamasıdır.

Yapılan çalışma sonucunda hibrit otobüslerin şehiriçi ulaşımının bazı güzergahında kullanılmasının yakıt tüketimi ve emisyon oluşumu açısından oldukça avantaj sağladığı bazıları ise bu avantajın düşük kaldığı anlaşılmıştır.

Adapazarı şehrinde araştırma yapılan 10 güzergahta bulunan veriler incelendiğinde 32 evler, Maltepe, Küpçüler güzergahlarında çalışan belediye otobüslerinin hibrit teknolojisine geçmesi ile %45 e kadar varan oranlarda yakıt tasarrufu sağlanacağı ve emisyonlarda da bu oranda azalmalar olacağı tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] DÜNYA Gazetesi Haber Tarihi: 26.10.2005
- [2] TÜRKİYE İstatistik Kurumu (TÜİK), 2007 Mart ayı motorlu kara taşıtları istatistiği
- [3] LEVENDİS, Y. A., Pavalatos I, Abrams R F, “ Control of diesel soot hydrocarbon and NOx emissions with a particular trap”, SAE 940460
- [4] HEYWOOD, J., B-198, ” Pollutant formation and control. Internal combustion engine Fundamentals”Int.edn- pp 572–577
- [5] KOLODZİEJ, C., “Comprehensive Characterization of Particulate Emissions from Advanced Diesel Combustion” , SAE 2007-01-1945 JSAE 20077142
- [6] ERGÜN, Ö., ve MENGİ, A., “Egzoz Gazlarının Hayvansal Gıdalardaki Kalıntıları ve Sağlığa Zararları”, Seminer Egzoz Gazlarının Çevreye Etkileri, 1996, Türkiye’deki Humboldt Bursiyer Derneği Yayın No:1, s.69-79.
- [7] ERDÖNÖZ, H., “Trafik Dumanlarının İnsan Sağlığına Olan Muhtemel Etkileri”, II. Ulusal Trafikte Güvenlik ve Çağdaş Uygulamalar Sempozyumu, MMO Yayın No:175, s.119-122.-1995
- [8] GÜLER, Ç., “Çevre ve Sağlık”, Yeni Türkiye 5 (Çevre Özel Sayısı), Ankara, s.675-723,1995
- [9] SUN, H., ZHANG, Y., QUAN, X., CHEN, S., QU, Z., ZHOU, Y., “Wire-mesh Honeycomb Catalyst for Selective Catalytic Reduction of NOx Under Lean-Burn Conditions” ISSN 0920-5861 CODEN CATTEA
- [10] ROBERT, M., JOHNEY, W., GREEN, B., , and C. DAW, S., “Extending Exhaust Gas Recirculation Limits in Diesel Engines” P. O. Box 2009, Oak Ridge, TN 37831-8088
- [11] ALKEMADE, G., SCHUMANN, B.,”Engines and exhaust after treatment systems for future automotive applications “ Solid State Ionics 177 (2006) 2291–2296
- [12] [www.dieselnet.com/standards/cycles/ece\\_eudc.html](http://www.dieselnet.com/standards/cycles/ece_eudc.html) Nisan 2009

- [13] MICHAEAL, P., Walsh International Consultant , “ Worldwide Evolution of Diesel Emissions Standards” , 3rd Aaiqus & Aaiqus Paris Forum September 28, 2004
- [14] TZIRAKIS, E., PITSAS, K., ZANNIKOS, “Vehicle Emissions and Driving Cycles: Comparison Of The Athens Driving Cycle (ADC) with ECE-15 and European Driving Cycle (EDC) “ Ministry of Transport Anastaseos 2 & Tsigante 10191 Holargos Athens, Greece
- [15] ERGENEMAN, M., SORUSBAY, C., GÖKTAN, A., “Development of a driving cycle for the prediction of pollutant emission and fuel consumption” International Journal of Vehicle Design 18 (1997), pp. 391–399
- [16] KAMBLE, S., (a), MATHEW,T., (b)\*, SHARMA, G.K.,(a) “ Development of real-world driving cycle: Case study of Pune, India” (a) Central Institute of Road Transport, Pune, India (b) Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Bombay, Powai, Mumbai, Maharashtra 400 076, India
- [17] MONTAZERI, M., and NAGHIZADEH,M., “ DEVELOPMENT OF CAR DRIVE CYCLE FOR SIMULATION OF EMISSIONS AND FUEL ECONOMY” Systems Simulation and Control Laboratory Department of Mechanical Engineering Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
- [18] ANDRE, M., “ The ARTEMIS European driving cycles for measuring car pollutant emissions “ INRETS, Laboratory Transport and Environment, Case 24, Bron Cedex 69675, France
- [19] [www.wowturkey.com/forum/viewtopic.php?t=58259](http://www.wowturkey.com/forum/viewtopic.php?t=58259) Nisan 2009

## ÖZGEÇMİŞ

Gürkan Şentürk, 10.08.1985’de İstanbul’ da doğdu. İlk ve orta eğitimini Beykoz’da, lise eğitimini Üsküdar’da tamamladı. 2002 yılında Beylerbeyi Hacı Sabancı Lisesi, Fen Bölümünden mezun oldu. 2003 yılında Sakarya Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümüne girdi ve 2007 yılında mezun oldu. 2007 – 2008 yılları arasında İSDAŞ Dezenfekte Arıtma Ltd. Şti.’nde mühendis olarak çalıştı. Bu süre içerisinde şirketin Bölge Müdürlüğü ve yönetiminde aktif rol aldı.